

Estratégias de mitigação do risco de cheia aplicadas ao estudo de caso da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

Iolanda Maria Gonçalves Araújo

Arquitetura Paisagista

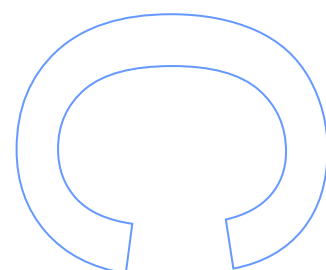
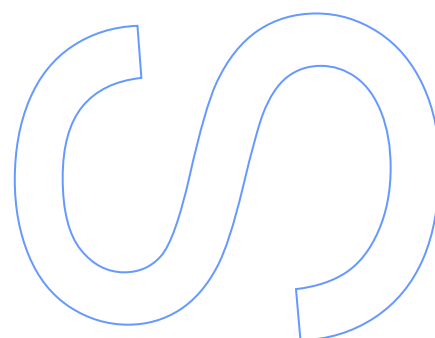
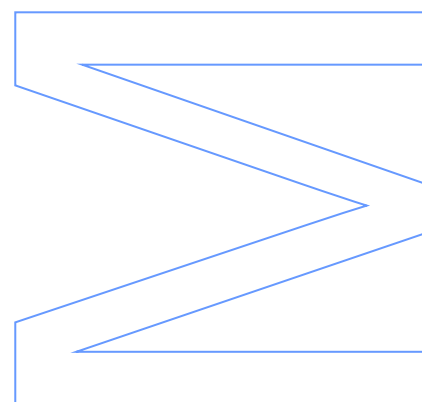
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2013

Orientador

Isabel Martinho da Silva, Professor auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

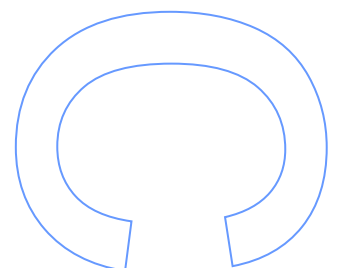
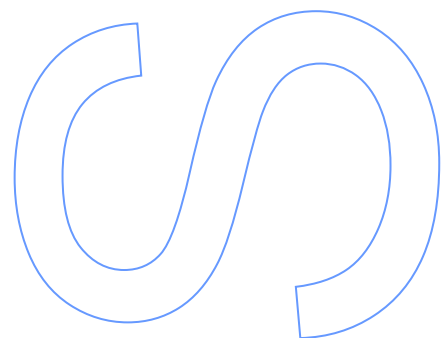
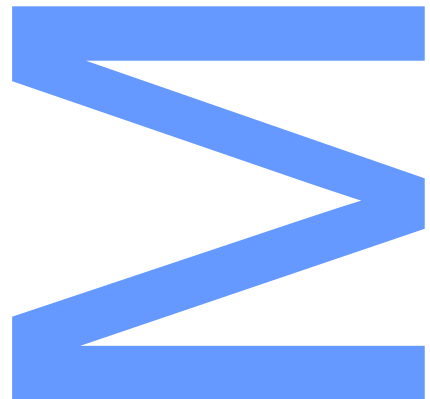
Coorientador

Alexandre Eurico Lisboa, Chefe da Divisão de Espaços Verdes, Câmara Municipal de Oeiras





Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,
Porto, ____/____/____



FCUP

Estratégias de mitigação do risco de cheia aplicadas ao estudo de caso da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

Agradecimentos

Ao meu orientador profissional, o Arquiteto Paisagista Alexandre Lisboa, pelas críticas e, principalmente, por me ter incentivado à descoberta do trabalho prático durante o meu estágio na Câmara Municipal de Oeiras (CMO). Conclui esta etapa com a pele mais queimada do sol e com as galochas sujas e gastas, mas certamente, muito mais inspirada, experiente, e com uma perspetiva renovada da importância do Arquiteto Paisagista no terreno.

À minha orientadora académica, a Professora e Arquiteta Paisagista Isabel Martinho da Silva que se mostrou sempre disponível para esclarecer todas as minhas dúvidas e para me conduzir na direção mais proveitosa deste trabalho.

Aos professores da área da Arquitetura Paisagista e da Geologia que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, pelas opiniões, sugestões e colaboração na pesquisa de elementos bibliográficos.

À Arquiteta Paisagista Lília Diniz, pelas orientações e pelas ferramentas de trabalho que me facultou. Prestou um contributo precioso e incansável no auxílio da pesquisa bibliográfica e das bases de dados disponíveis na CMO. Um agradecimento especial pelo carinho com que me recebeu e me integrou na equipa técnica.

A todos os profissionais do Gabinete de Desenvolvimento Municipal, do Gabinete de Sistemas de Informação Geográfica, ao Arquiteto Paisagista Rodrigo Dias do Departamento de Planeamento e Gestão Urbana, e, aos colegas da Divisão de Espaços de Verdes Valter Barão, Marta Girão, Augusto Couto, Palmira João, Graciete Mártires, Sofia Novais, Filipa Patrício, Ana Paula Pedro, Tiago Correia, Lara Bulcão, João Lourenço, Paulo Correia, Ana Alexandre, Rita Calhau, Augusto Ramalho, Luís Garcia, Rui Gaspar e Domingos Leitão. Aprendi sempre algo novo com cada um nas visitas às obras, aos viveiros, aos estaleiros e às operações de manutenção. Revelaram-se extremamente úteis no desenvolvimento tanto do presente relatório de estágio, como das minhas valências em diversas áreas. A todos o meu sincero obrigado pelo modo com que me envolveram nos trabalhos.

Ao Engenheiro Paulo Castro e Maria do Céu Rodrigues da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, I.P.), pela prontidão com que me receberam e me disponibilizaram bibliografia dos arquivos do antigo Instituto da Água (INAG, I.P.) para consulta.

Ao «Projeto Rios», em particular ao Técnico de Apoio Rui Francisco, pela contagiante motivação na preservação dos rios, e pela informação disponibilizada relativamente à implementação do projeto na área de intervenção deste trabalho.

Aos meus pais Artur, Paula, Carlos e Luísa, e irmão João pelo apoio que me prestaram ao longo do curso. Obrigada por me terem dado todas as ferramentas, liberdade e motivação para concluir esta etapa.

Aos bons amigos que fiz durante o meu percurso académico, às parceiras de casa e à companheira de sempre Joana Gomes, pelo carinho e ajuda prestada nos momentos mais difíceis e trabalhosos.

Resumo

A crescente ocupação urbana das bacias hidrográficas tem desencadeado um processo de impermeabilização dos solos sem precedentes. Os territórios têm-se tornado cada vez mais vulneráveis aos fenómenos de cheia rápida, devido à ocorrência de precipitação intensa em períodos de tempo relativamente curtos.

A bacia hidrográfica da ribeira da Laje tem sido frequentemente afetada por este tipo de desastre. Para além da impermeabilização crescente da bacia hidrográfica, no último século, a ribeira sofreu metamorfoses típicas de uma sociedade industrializada, em que o homem julgou poder controlar a natureza com toda a sua tecnologia. Deste modo, o sistema fluvial foi sendo canalizado, e a ribeira perdeu muito do seu valor ecológico, estético e funcional. Atualmente verifica-se que as medidas adotadas no passado já não se revelam suficientes para escoar as águas de regime torrencial da ribeira da Laje e as águas resultantes do escoamento superficial, ao mesmo tempo que os prejuízos e processos de indemnização se acumulam na Câmara Municipal de Oeiras.

Assim, urge a adoção de medidas adequadas à problemática atual, tendo em conta princípios sustentáveis de gestão das águas e do solo. Neste trabalho foi desenvolvido um conjunto de estratégias de carácter estrutural, preventivo e de ajustamento com o objetivo de diminuir, a médio e longo prazo, os efeitos das cheias na ribeira da Laje, tendo em conta as oportunidades e ameaças identificadas através da análise e síntese das características biofísicas e antrópicas locais e a legislação em vigor.

Palavras-chave: Cheia rápida, Águas pluviais, Bacia hidrográfica, ribeira da Laje, Oeiras

Abstract

The growing urban occupation watershed has triggered a process of soil sealing unprecedented. The territories have become increasingly vulnerable to flash floods, due to the occurrence of heavy precipitation in relatively short periods of time.

The Laje watershed has often been affected by this type of disaster. Beyond the waterproofing growing watershed in the last century, the river suffered a typical metamorphosis of an industrialized society, where the man thought he could control nature with all its technology. Thus, the river system was being channeled and lost much of its ecological value, aesthetic and functional. Currently it appears that the measures adopted in the past have not revealed to be enough to drain the water from torrential regime of the river and the resulting water runoff, while the damages and compensation processes accumulate in Oeiras Municipality.

Thus, it is urgent to adopt appropriate measures to the current problems, taking into account the principles of sustainable management of water and soil. In this work I developed a set of structural character strategies, preventive and for adjustment in order to reduce the medium and long-term effects of river flooding in the Laje, taking into account the opportunities and threats identified through the analysis and synthesis of biophysical and anthropogenic features and local legislation.

Key words: Flash floods, Stormwater, Watershed, river of Laje, Oeiras

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	III
Abstract	IV
Índice.....	V
Índice de Quadros	VII
Índice de Figuras	VIII
Lista de Anexos	X
Lista de Abreviaturas	XI
Capítulo I: Introdução.....	1
1.1. Apresentação do tema e problemática	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodologia.....	5
Capítulo II: Revisão Bibliográfica	9
2.1. As cheias no espaço e no tempo e respetivas respostas	9
2.2. Precipitação e capacidade de infiltração de água no solo	13
2.2.1. Pedologia e Hidrologia	13
2.2.2. Vegetação.....	14
2.3. Medidas Estruturais.....	14
2.3.1. Técnicas de Engenharia Natural	15
2.3.2. SUDS.....	16
3.4. Medidas Não-estruturais	17
Capítulo III: Análise.....	19
3.1. Registo histórico de cheias.....	19
3.2. Caracterização da bacia hidrográfica da ribeira da Laje	21
3.2.1. Clima	22
3.2.2. Hidrografia	22
3.2.3. Relevo	27
3.2.4. Pedologia.....	29
3.2.5. Instrumentos de Ordenamento do Território RAN e REN.....	32
3.2.6. Espaços verdes ou ajardinados do PDM	33
3.2.7. Ocupação do solo	34
3.2.8. Edificado.....	36

VI	FCUP	
	Estratégias de mitigação do risco de cheia aplicadas ao estudo de caso da ribeira da Laje no concelho de Oeiras	
	3.2.9. Sítios Arqueológicos	38
	3.2.10. Património construído e ambiental	38
	3.2.11. Plano Estratégico da Água.....	39
	3.3. Evolução da ribeira da Laje no espaço e no tempo	40
	Capítulo IV: Síntese	41
	4.1. Aplicação do Índice de Qualidade Ripícola.....	42
	4.2. Volumes de cheia e relação com o município.....	44
	Capítulo V: Proposta.....	47
	5.1. Medidas estruturais	47
	5.2. Medidas não-estruturais	59
	5.3. Estratégias por troço	63
	Capítulo VI: Conclusões e Recomendações	65
	Referências Bibliográficas	67
	Anexos	71

Índice de Quadros

Quadro 1.I – Objetivos gerais e específicos do projeto	5
Quadro 2.I – Composição dos 4 grupos de solo e relação com a capacidade de infiltração	13
Quadro 2.II – Funções e efeitos das técnicas de EN	15
Quadro 3.I – Precipitação máxima diária registada nas estações udométricas da bacia hidrográfica ou envolvente imediata	22
Quadro 3.II – Divisão administrativa da área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje e respetivos valores.....	23
Quadro 3.III – Caudal máximo registado nas estações hidrométricas da ribeira da Laje	25
Quadro 3.IV – Resultados dos valores de precipitação ($t_c=5,5H$) e caudal de ponta de cheia obtidos para cinco períodos de retorno, através da aplicação do modelo HEC-1	26
Quadro 3.V – Declives, cotas máximas e mínimas registadas no curso de água e na área total da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, em particular, no concelho de Oeiras	28
Quadro 3.VI – Relação da geologia com a porosidade máxima, mínima e média dos materiais existentes	31
Quadro 3.VII – Evolução da população residente nos concelhos englobados pela bacia da ribeira da Laje	34
Quadro 3.VIII – Percentagem de área urbanizada da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em 1965, 1984, 1994 e 2000	36
Quadro 4.I – Resultado e diagnóstico da aplicação do Índice de Qualidade Ripícola aos troços da ribeira da Laje.....	43
Quadro 4.II – Interpretação dos resultados obtidos pelo IQR e respetivas propostas de gestão.....	44
Quadro 4.III – Relação de área municipal com os volumes de cheia estimados.	45
Quadro 5.I – Quadro das medidas estruturais adotadas em cada troço.....	63

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Edificações em áreas inundadas por cheia rápida.....	2
Figura 1.2 – Metodologia de trabalho.	6
Figura 2.1 – Relação Homem-natureza.....	11
Figura 2.2 – Resposta individual e social face à ocorrência de uma cheia tendo em conta três padrões culturais ou estágios de desenvolvimento.....	12
Figura 3.1 – Enquadramento geográfico da bacia hidrográfica da ribeira da Laje.	23
Figura 3.2 – Carta da hidrografia do concelho de Oeiras e zona adjacente da ribeira da Laje	24
Figura 3.3 – Carta hipsométrica do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	27
Figura 3.4 – Carta de declives do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência	29
Figura 3.5 – Carta geológica do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	30
Figura 3.6 – Carta dos terrenos incluídos na RAN e REN do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	32
Figura 3.7 – Carta dos espaços verdes e ajardinados geridos pela CMO, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	33
Figura 3.8 – Carta de ocupação do solo do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	35
Figura 3.9 – Carta das Áreas Urbanas de Génese Ilegal (AUGI) do concelho de Oeiras, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	36
Figura 3.10 – Bairro dos Navegadores visto da ribeira da Laje	37
Figura 3.11 - População da Laje situada na margem direita da ribeira da Laje.....	37
Figura 3.12 – Quinta da Estrangeira situada na margem direita da ribeira da Laje	37
Figura 3.13 – Quinta da Boiça de Cima, situada na margem esquerda da ribeira da Laje	
Figura 3.14 – Carta dos elementos classificados pelo PSPCACO, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência	38
Figura 3.15 – Carta dos elementos identificados no PEA, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência.	40
Figura 4.1 – Divisão da ribeira da Laje por sete troços, dentro do limite administrativo do concelho de Oeiras.....	41

Figura 5.1 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de consolidação da galeria ripícola no troço 3 (Laje).....	49
Figura 5.2 – Muro de suporte vivo construído numa margem fluvial	50
Figura 5.3 – Esquema de um muro de suporte vivo construído numa margem fluvial.	51
Figura 5.4 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de construção de muros de suporte vivos no troço 6 (parque municipal de Oeiras).	51
Figura 5.5 – Esquema de um entrançado vivo.	52
Figura 5.6 – Desenho proposto no estudo prévio do troço 7.	53
Figura 5.7 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de formação de uma área alagável no troço 2 (quinta da Boiça).....	54
Figura 5.8 – Cenário normal das bacias de retenção.....	55
Figura 5.9 – Cenário das bacias de retenção em episódios de precipitação intensa (capacidade máxima).	55
Figura 5.10 – Visualização das medidas aplicadas no troço 4 (EAN).	55
Figura 5.11 – Vala construída no separador entre o passeio e a estrada	56
Figura 5.12 – Exemplo de vala drenante.....	57
Figura 5.13 – Exemplo de depósito de água tipo barril.....	58
Figura 5.14 – Carta de Ordenamento de Oeiras.....	61
Figura 6.1 – Efeitos da impermeabilização sobre a infiltração, o escoamento e a evapotranspiração.....	65

Lista de Anexos

Anexo 1. Pontos de referência da bacia hidrográfica da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

Anexo 2. Valores de condutividade hidráulica de diferentes tipos de solo

Anexo 3. Principais diferenças entre os SUDS e as técnicas de drenagem convencionais

Anexo 4. Cartas dos fatores biofísicos e antrópicos da bacia hidrográfica da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

Anexo 5. Evolução da ribeira da Laje no espaço e no tempo

Anexo 6. Tabelas das pontuações dos parâmetros avaliados pelo IQR

Anexo 7. Fichas de caracterização dos troços da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

Anexo 8. Calendarização da execução das medidas estruturais

Anexo 9. Fichas de proposta por troço da ribeira da Laje no concelho de Oeiras

A. Plano geral + Plano de modelação e altimetria do troço 4 (EAN)

B. Plano geral do troço 7 (foz)

Anexo 10. Relato do trabalho de estágio

Anexo 11. Glossário

Lista de Abreviaturas

APA, I. P.	Agência Portuguesa do Ambiente
AUGI	Área Urbana de Génese Ilegal
CLC	<i>Corine Land Cover</i>
CMO	Câmara Municipal de Oeiras
COS' 2007	Carta de Ocupação do Solo 2007
CP	Comboios de Portugal
DEV	Divisão de Espaços Verdes
DGAOT	Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
DPGU	Departamento de Planeamento e Gestão Urbana
EAN	Estação Agronómica Nacional
EN	Engenharia Natural
FCUP	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
G. T. Cheias	Grupo de Trabalho das Cheias
INAG, I. P.	Instituto da Água
IQR	Índice de Qualidade Ripícola ¹
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PBH Tejo	Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo
PDM	Plano Diretor Municipal
PEA	Plano Estratégico da Água
PSPCACO	Plano de Salvaguarda do Património Ambiental e Construído do Concelho de Oeiras
RAN	Reserva Agrícola Nacional
REN	Reserva Ecológica Nacional
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável ²

¹ Traduzido do inglês « *Riparian Quality Index* »

² Traduzido do inglês « *Sustainable Urban Drainage Systems* »

Capítulo I: Introdução

O presente relatório de estágio é referente ao estágio curricular, que foi desenvolvido no âmbito da disciplina «Estágio» do Mestrado em Arquitetura Paisagista da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, intitulado «Estratégias de mitigação do risco de cheia aplicadas ao estudo de caso da ribeira da Laje no concelho de Oeiras», que decorreu na Câmara Municipal de Oeiras (CMO), mais concretamente na Divisão de Espaços Verdes (DEV), e teve a duração de cinco meses. A orientação do estágio esteve a cargo do Arquiteto Paisagista Alexandre Eurico Lisboa, chefe da DEV, como orientador profissional, e da Professora Isabel Martinho da Silva do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), como orientadora académica.

1.1. Apresentação do tema e problemática

Atualmente, por todo o mundo, e apesar do progresso tecnológico, a sociedade continua a ser vulnerável ao problema das cheias. Falo em particular das cheias de carácter imprevisível e, geralmente, mais destrutivas: as cheias rápidas³. Este tipo de cheia é característico das pequenas bacias hidrográficas, com áreas densamente urbanizadas, e com reduzido tempo de concentração das águas [1]. Segundo José Luís Zêzere, as cheias rápidas definem-se como cheias de curta duração, com caudais de ponta muito elevados, e uma bruta potência de escoamento em virtude da carga sólida transportada [1]. Para além dos prejuízos humanos e materiais causados, representam uma séria ameaça ao ambiente, à biodiversidade das zonas húmidas, à saúde pública e aos usos das áreas inundáveis. A crescente ocupação antrópica das bacias hidrográficas associada às alterações climáticas, torna cada vez mais urgente uma intervenção ao nível da diminuição dos riscos de cheia e inundação, dado que o

³ «Flash floods» em Inglês

aumento da assimetria sazonal das precipitações potencia esses mesmos riscos, de carácter imprevisível, agravando os seus efeitos [2].

O trabalho que realizei teve como propósito analisar a ribeira da Laje e propor medidas preventivas e de proteção, para mitigação do risco de cheia associado. A sua bacia hidrográfica, ao longo dos tempos, foi frequentemente afetada pelo problema das cheias rápidas, das quais são exemplo as desastrosas e históricas cheias de 1967 e 1983 que atingiram toda a região de Lisboa. Apesar da bacia hidrográfica da ribeira da Laje englobar os concelhos de Sintra, a norte, Cascais, a oeste, e Oeiras, a sul, a área de intervenção concentrou-se apenas dentro do limite administrativo deste último, dado que o trabalho se realizou sob jurisdição da CMO.

Através dos dados recolhidos relativamente às áreas afetadas pelas cheias rápidas [3], verifiquei que, apesar do concelho de Oeiras ser flagelado há várias décadas com este problema, as edificações em áreas afetadas por este tipo de cheia continuam a aumentar, o que reflete uma inconsciência sobre esta matéria e, consequentemente, uma crescente vulnerabilidade a este risco natural.

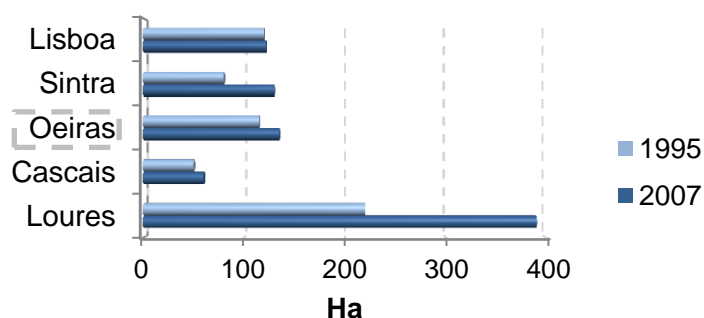


Figura 1.1 – Edificações em áreas inundadas por cheia rápida. Adaptado de: Zêzere, J. L., 2010 [3]

A bacia da ribeira da Laje insere-se na bacia hidrográfica do rio Tejo e, como tal, é abrangida pelo Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo (PGRH Tejo) e pelo Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo (PBH Tejo). Neste último, todo o traçado da ribeira da Laje está identificado como troço crítico e assinalado com pontos críticos de cheia de acordo com o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) do Instituto da Água (INAG). Apesar do estado ecológico de aspeto duvidoso verificado nas visitas de campo realizadas à ribeira, este tem vindo a ser melhorado consideravelmente na última década, sendo que, 2021 é o ano horizonte para que o bom estado seja definitivamente alcançado segundo o PGRH Tejo [4].

McPerson (1974) citado no Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das Ribeiras da Costa do Estoril, refere que, em bacias hidrográficas com um valor de

área urbanizada superior a 20%, como é o caso da ribeira da Laje, devem ser tomadas medidas para reduzir o impacto da urbanização e consequente impermeabilização dos solos, através de estratégias que promovam a infiltração, retenção e retardamento dos caudais de ponta de cheia [5].

1.2. Objetivos

«O homem não domina nenhum destes fenómenos naturais: nem a chuva, nem a reacção do solo, nem a cheia, mas com a sua acção pode atenuar ou agravar os efeitos das cheias»

P. Celestino da Costa [6]

Este trabalho concentrou-se no objetivo de mitigar o risco de cheia da ribeira da Laje através de duas estratégias:

- elaboração de medidas que contribuíssem para um sistema fluvial equilibrado e com capacidade de resposta às situações de precipitação intensa, em que as técnicas de Engenharia Natural (EN) assumiram especial importância;
- implementação dos chamados Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS), que pudesse contribuir para a redução do caudal de ponta de cheia, e consequentes prejuízos causados, através da facilitação da infiltração da água e da construção de bacias de retenção.

Pretendi elaborar uma proposta que respeitasse e integrasse os fatores biofísicos e antrópicos da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, encarando-a como uma unidade ecológica, composta por leito, margens e leito de cheia, através da implementação de medidas estruturais, ou seja, de construções que interferem diretamente com a água e com o uso do solo. No entanto, para que os objetivos das mesmas sejam devidamente cumpridos, foi também fundamental adotar medidas não-estruturais, de carácter preventivo e de ajustamento, que foram, sempre que possível, enquadradas na legislação em vigor [7].

Este trabalho pretendeu ser um útil contributo ao Município de Oeiras, no sentido de mitigar os problemas existentes, e de satisfazer as ambições do quadro legal, nomeadamente do PNPOP que defende a preservação do «*quadro natural e paisagístico, em particular os recursos hídricos, a zona costeira, a floresta e os espaços de potencial agrícola*» [8], e de propor o estabelecido no Decreto-Lei nº

115/2010 de 22 de Outubro que aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundação [9], transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro. Foi igualmente importante responder à preocupação relativa à mitigação dos efeitos das inundações, estabelecida na Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e transposta para a legislação portuguesa através da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro [10] - Lei da Água - cujos objetivos são «c) *obter uma protecção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual e cessação ou eliminação por fases de descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias; d) assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição; e) mitigar os efeitos das inundações e das secas*», e da qual saliento o princípio «f) *Princípio do uso razoável e equitativo das bacias hidrográficas partilhadas, que reconhece aos estudos ribeirinhos o direito e a obrigação de utilizarem o curso de água de forma razoável e equitativa tendo em vista o aproveitamento optimizado e sustentável dos recursos, consistente com a sua protecção*», uma vez que a bacia da ribeira da Laje é partilhada pelos concelhos de Sintra, Cascais e Oeiras e os seus problemas não são inerentes unicamente à área onde se manifestam ou são causados.

Em suma, os objetivos gerais e específicos do trabalho desenvolvido estão sintetizados no seguinte quadro (quadro 1.I):

OBJETIVOS GERAIS:
<ul style="list-style-type: none"> • Mitigação do risco de cheia • Aumento do valor do tempo de concentração (tc) da bacia hidrográfica
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de um sistema de drenagem mais eficaz e integrado com o sistema fluvial • Diminuição da velocidade de escoamento da ribeira da Laje • Redução da velocidade e quantidade de água escoada superficialmente na bacia hidrográfica • Minimização da artificialização das margens • Estabilização e controlo da erosão das margens • Consolidação da galeria ripícola com diversidade florística autóctone ou bem adaptada • Melhoria da qualidade ecológica da água • Melhoria da qualidade estética da ribeira • Preservação do património cultural existente (Palácio dos Marqueses de Pombal) • Proteção da população e bens • Redução dos prejuízos materiais causados pelas cheias • Cooperação com os municípios de Sintra e Cascais • Envolvimento da população na construção das medidas • Atribuição de benefícios à população em prol do uso do solo e práticas favoráveis a adotar • Alteração da relação da ribeira com o espaço envolvente • Alteração da relação utilizador/ ribeira da Laje

Quadro 1.1 – Objetivos gerais e específicos do projeto

1.3. Metodologia

A metodologia que utilizei encontra-se representada na figura 1.2. Esta visou o conhecimento e compreensão da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, e culminou na proposta ao nível do estudo prévio.

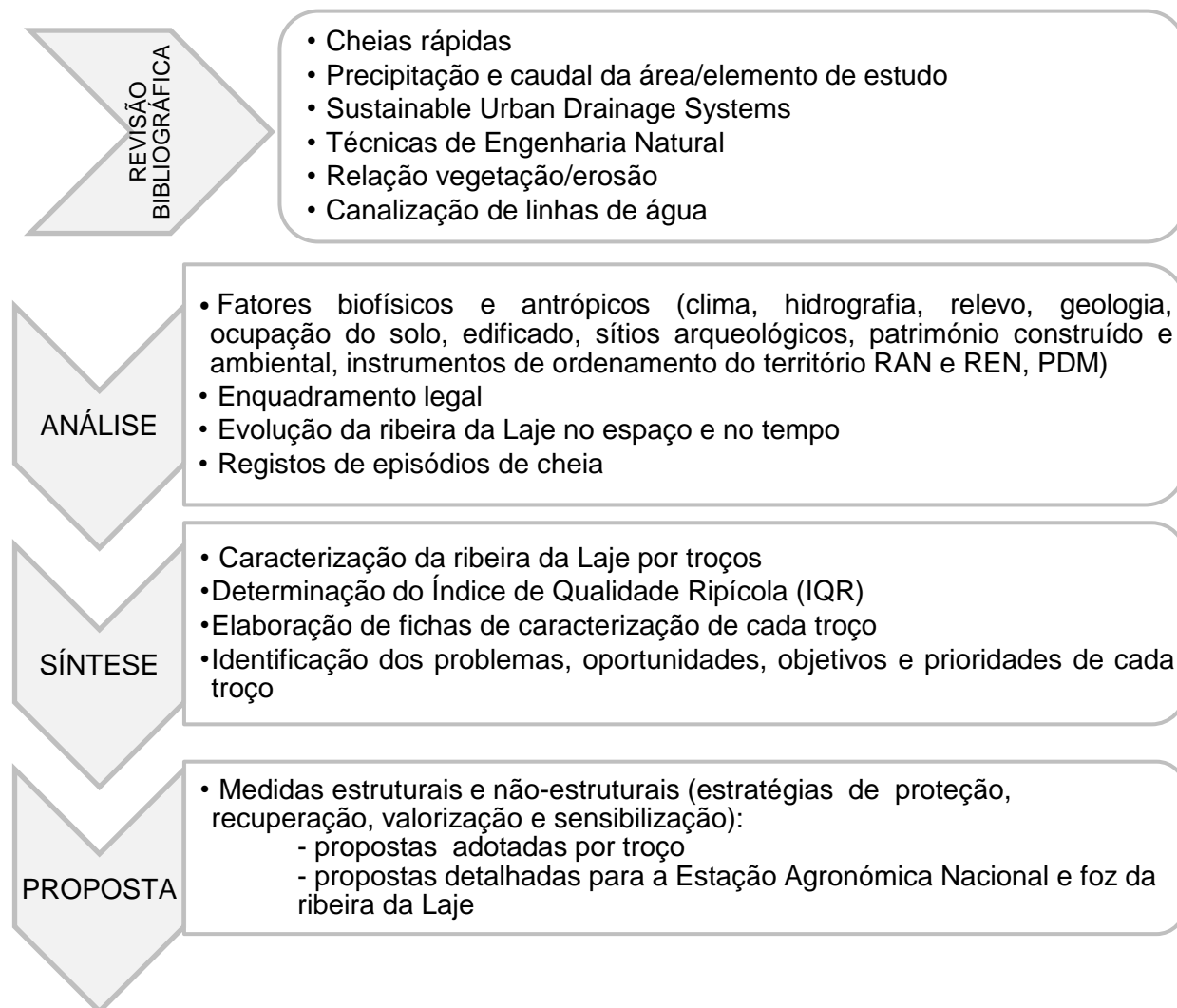


Figura 1.2 – Metodologia de trabalho.

Numa primeira fase fiz uma revisão bibliográfica sobre cheias (tipos, causas e soluções), valores de precipitação e de caudal aplicados à área de intervenção, SUDS, técnicas de EN, vegetação ripícola e erosão hídrica, e consequências aliadas à canalização e cobertura de troços de linhas de água.

Na fase seguinte analisei os aspetos biofísicos e antrópicos da bacia da ribeira da Laje, nomeadamente clima, hidrografia, relevo, geologia, ocupação do solo, edificado, sítios arqueológicos, património construído e ambiental, instrumentos de ordenamento do território RAN e REN e PDM, bem como o respetivo enquadramento legal. Elaborei uma pesquisa relativa à evolução histórica da ribeira e arquivo cartográfico antigo, e investiguei os episódios de cheia ocorridos desde que há registo.

Na síntese do trabalho cruzei informação bibliográfica com os dados recolhidos nas visitas de campo e nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Para

determinar a qualidade do sistema ripícola da ribeira da Laje apliquei o Índice de Qualidade Ripícola (IQR). Por fim, toda a informação foi compilada em fichas de caracterização, elaboradas por troços, que me permitiram identificar os problemas e oportunidades de cada um, traçar objetivos e definir prioridades.

Só depois de analisados e sintetizados todos os dados do sistema fluvial da ribeira da Laje, me foi possível definir medidas para cada troço, resolvendo não só os problemas específicos de cada um, mas também tendo em conta uma visão holística da ribeira e dos objetivos pretendidos. Para elaboração do estudo prévio, selecionei dois troços, um devido ao seu carácter crítico e outro devido à disponibilidade de terreno e potencial para resolução da problemática. Serve o detalhe da proposta, nestes dois troços prioritários, para apresentar, dois conjuntos de estratégias com diferentes objetivos na mitigação do risco de cheia, e para que a CMO possa, no futuro, ter uma base e um fio condutor para a elaboração do projeto de execução.

Para uma melhor compreensão do texto deste trabalho, recomendo a consulta do anexo 1, onde se encontram indicados pontos de referência locais, que foram utilizados para explicação das especificidades do território.

Capítulo II: Revisão Bibliográfica

No presente capítulo encontra-se exposta um sumário do modo como as culturas tendem a reagir ao fenómeno das cheias tendo em conta o meio em que se inserem. Para a elaboração do trabalho, foi importante perceber as motivações que desencadearam a adoção de certas medidas, em determinados períodos de tempo, e quais as vantagens e desvantagens que delas resultaram. O que falhou? Porquê? Como resolver? São as questões que foram levantadas para contribuir para o conhecimento de causa, abordando soluções estruturais, corretivas e preventivas mais sustentáveis.

2.1. As cheias no espaço e no tempo e respetivas respostas

Desde a antiguidade que a presença dos rios está intimamente relacionada com a fixação e comportamento dos povos instalados nas suas margens. A resposta das comunidades aos perigos naturais inerentes, nomeadamente as cheias, foi desde sempre marcada por um carácter de defesa ou de ajustamento [11]. Um bom exemplo de uma relação harmónica e sinérgica entre o rio, e o seu regime de cheias e a sociedade, é a adaptação da civilização egípcia às cheias do rio Nilo e sedimentos transportados (Butzer, 1976 citado por Saraiva, M G., 1999, p. 58 [12]). O aproveitamento dos solos inundados pelas cheias cíclicas para a prática da agricultura e pastagens demonstram a compreensão e ajuste à dinâmica dos processos naturais do rio [12].

As cheias podem ter origem em fenómenos naturais, naturais modificados pelo homem, em que existem processos de intensificação ou atenuação, e, em acontecimentos induzidos pela ação humana. Estes últimos dizem respeito a situações de rotura de estruturas construídas como canais, diques, barragens, etc [12].

Em Portugal, existem três tipos de cheia: as cheias dos grandes rios, como consequência de períodos de chuva que se prolongam por longos intervalos de tempo (dias) - cheias do tipo progressivo, as cheias características das pequenas bacias hidrográficas fortemente impermeabilizadas, devido a episódios de precipitação intensa num curto intervalo de tempo (horas) - cheias rápidas, e, a cheia urbana, como consequência de fortes chuvadas em poucos minutos em solo impermeabilizado [6]. Na maioria dos casos, as cheias progressivas e as cheias urbanas não representam uma ameaça à vida humana, uma vez que se apresentam, respetivamente, com um regime lento e com volumes de água que não põe em risco a vida humana, e, por isso, originam situações em que a água se dissipa rapidamente ou em que é possível tomar medidas de salvamento em tempo útil. Por outro lado, as cheias rápidas são consideradas as mais destrutivas e mortíferas, pelo seu carácter imprevisível e elevados caudais associados [6].

Estudos e inquéritos realizados em áreas do nosso país afetadas pelos vários tipos de cheia, por Lima & Faísca, 1994, citados por Saraiva, M. G., 1999 [12], permitiram determinar quais os locais em que existe uma cultura de cheia incutida nos habitantes e quais os locais em que não foram tomadas medidas de ajustamento num período após o desastre, revelando grande falta de consciência e organização, bem como a negação do risco. Falo concretamente da análise feita, pelos autores acima referidos, em Algueirão-Mem Martins, zona da nascente da ribeira da Laje, bastante urbanizada, onde as culpas são atribuídas pela população à autarquia, pelo facto de não realizar obras de correção, subvalorizando o impacto da existência de edificado mal localizado e consequente obstrução da ribeira [12]. Os mesmos autores classificam a resposta humana ao desastre das cheias em três atitudes, tomadas segundo o grau de experiência do indivíduo e as suas características e enquadramento social:

- I) consciencialização do perigo,
- II) atuação no sentido de reduzir os efeitos causados pelo desastre,
- III) alteração profunda dos usos e ocupação das zonas afetadas por intolerância aos riscos que ainda existem [12].

A relação do homem com a natureza também depende bastante da cultura e da época temporal em que é analisada. Assim, segundo Saraiva, M. G., 1987, citada por Saraiva, M. G., 1999, p. 24 [12], esta relação desenvolve-se cronologicamente de acordo com as fases de Temor, Harmonia, Controlo, Degradação e Recuperação ou Sustentabilidade.

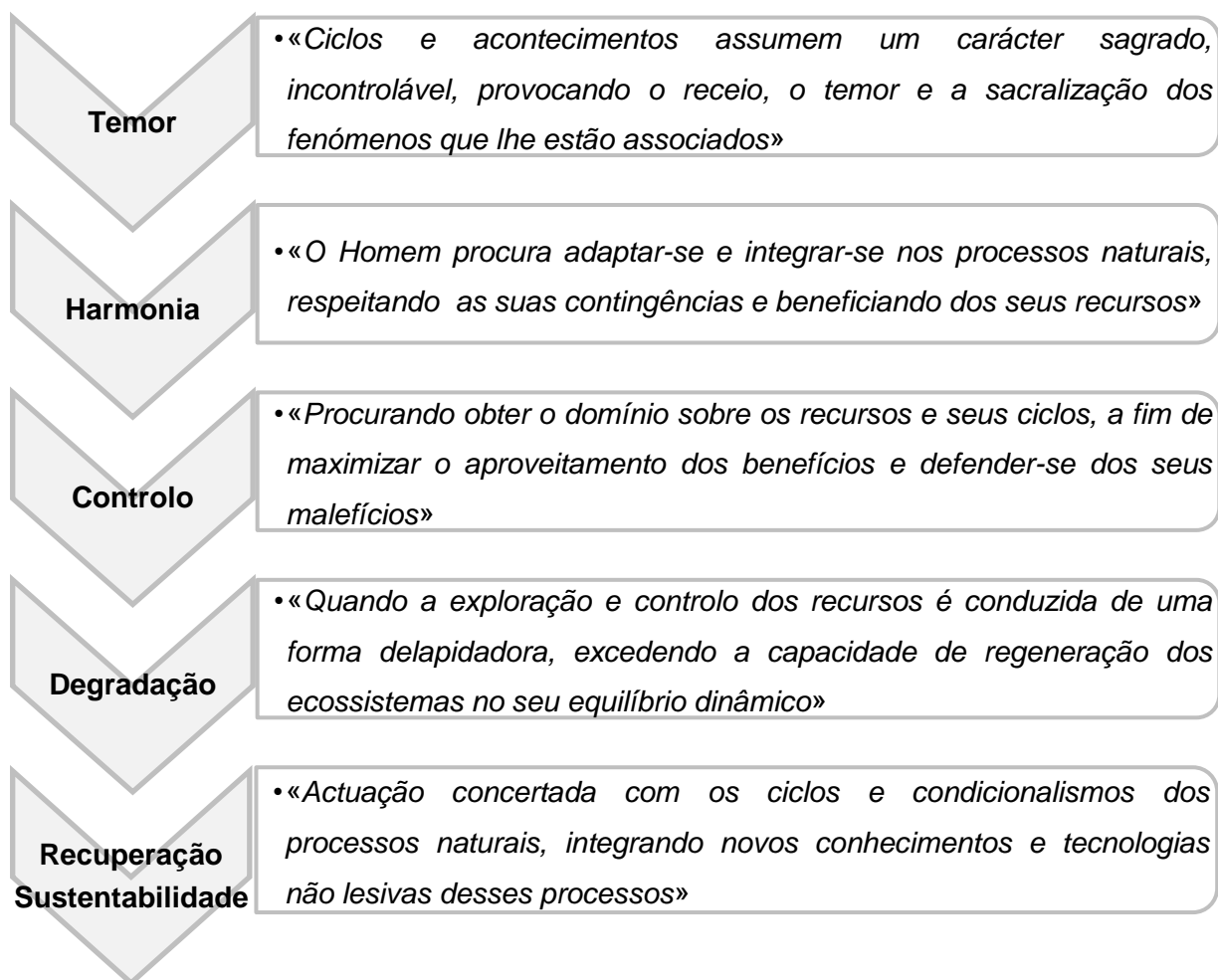


Figura 2.1 – Relação Homem-natureza (adaptado de Saraiva, M. G., 1999 [12])

Certas tentativas de controlo dão, frequentemente, origem à fase de degradação. São frequentes obras de regularização fluvial que recorrem à canalização dos cursos de água através da construção de muros de cimento armado ou alvenaria de pedra, na perspetiva de lidar com os problemas das cheias, principalmente em zonas densamente edificadas e onde existe pouco espaço para intervenções mais alargadas. No entanto, a implementação destas medidas, que transmitem uma falsa sensação de segurança, resulta em impactos negativos consideráveis na qualidade ecológica do sistema fluvial [7], nomeadamente de perda de habitats e de biodiversidade, perda de conectividade, aumento da velocidade de escoamento, alteração do declive do leito, assoreamento, e incremento da erosão hídrica [14]. É de salientar que, quando este tipo de regularização é implementado em zonas baixas, o escoamento passa a concentrar-se na foz da linha de água, aumentando a frequência e a dimensão das cheias, bem como o seu poder erosivo e destrutivo [15]. Por este e outros motivos, o solo é um recurso natural muito ameaçado pelas cheias. Segundo o

PBH Tejo, a bacia da ribeira da Laje perde anualmente um valor médio de solo de 3,02 ton/ha [16].

Pedro Teiga, coordenador nacional do Projeto Rios, defende que, quando a canalização é feita ao nível subterrâneo os problemas associados agravam-se, isto porque, a falta de luz e a redução do teor em oxigénio leva a que se crie um ambiente propício à proliferação de organismos prejudiciais à saúde pública e pestes [17]. Tudo isto é frequentemente acompanhado pelo mau odor das linhas de água, tornando-as ainda mais convidativas a descargas ilegais.

Em suma, a canalização das linhas de água, intrínseca a uma cultura industrial de décadas⁴, contribui para a degradação visual e ecológica das zonas ribeirinhas. Afortunadamente, os objetivos deste tipo de intervenção, que tem em vista unicamente a defesa contra cheias, são cada vez mais postos em causa devido aos impactes e consequências geradas [5]. Assim, as ações de intervenção num curso de água devem ser feitas, preferencialmente, tendo como linha orientadora a conceção naturalista, aproximadas ao tipo de resposta da cultura pós-industrial¹, uma vez que se obtêm resultados mais económicos, estéticos e eficazes a longo prazo, em vez de se atuar «*contra natura*» [12] & [18].

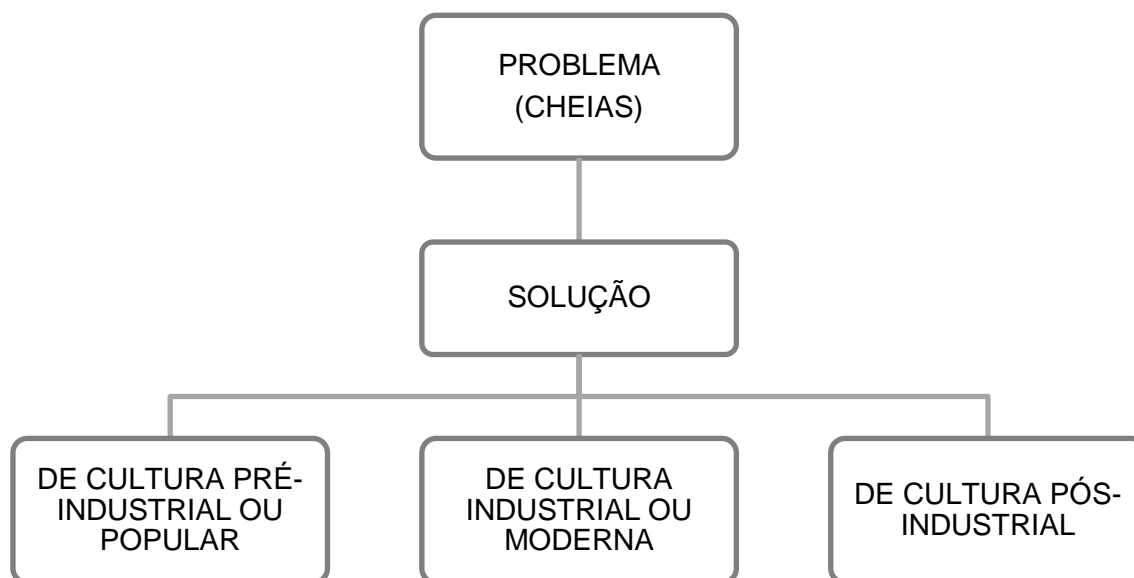


Figura 2.2 – Resposta individual e social face à ocorrência de uma cheia tendo em conta três padrões culturais ou estágios de desenvolvimento (adaptado de Saraiva, M. G., 1999 [12])

⁴ **Cultura pré-industrial ou popular:** solução de ajustamento flexível baseada numa relação harmoniosa com a natureza e de acordo com a experiência tradicional (Ex: cheias do rio Nilo);

Cultura industrial ou moderna: solução que procura controlar o ambiente e a natureza com recurso à tecnologia, segundo uma atitude antropocêntrica;

Cultura pós-industrial: surge após, e em resposta à abordagem industrial, integrando formas de ajustamento tradicionais. [10]

2.2. Precipitação e capacidade de infiltração de água no solo

A precipitação e a sua capacidade de infiltração no solo está intimamente relacionada com o substrato geológico, o tipo de solo, e com a qualidade e quantidade de vegetação existente na bacia hidrográfica, pelo que, a análise destes três fatores na área em estudo assume especial relevância no que respeita ao combate às cheias.

2.2.1. Pedologia e Hidrologia

A infiltração define-se como sendo a movimentação da água para dentro do solo por ação da gravidade e pelo potencial capilar. Este processo envolve três etapas fundamentais: a entrada da água através da superfície do solo, o armazenamento e o movimento através do solo. É sabido que a capacidade de infiltração de água no solo é limitada, por isso, assim que esse valor é atingido, passa a ocorrer escoamento superficial⁵. Em suma, à medida que a duração da precipitação aumenta, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento superficial. Como é perceptível pela composição dos grupos de solo (quadro 2.1), para além da textura, é também importante a distância da superfície à zona saturada e nível de freático [19].

Grupo de solo	Composição	Capacidade de infiltração
A	areias profundas e solos agregados	maior
B	solos franco-arenosos	↑
C	solos franco-argilosos, franco-arenosos pouco profundos, solos com baixo teor em matéria orgânica e elevado teor em argilas	
D	solos com grande percentagem de matérias expansíveis, argilas pesadas e alguns solos salinos	menor

Quadro 2.1 – Composição dos quatro grupos de solo e relação com a capacidade de infiltração. Fonte: [19]

Os vazios do solo, ou seja, os poros, são fundamentais para o armazenamento da água resultante da precipitação. Quanto maior for a porosidade do solo, maior é a sua capacidade de armazenamento [19].

O movimento da água no solo é medido através dos valores de condutividade hidráulica do mesmo (permeabilidade). Assim, a permeabilidade depende da composição química da água, bem como do meio poroso que esta atravessa [19]. No quadro presente no anexo 2 estão referenciados valores aproximados da condutividade hidráulica de diferentes tipos de solo.

⁵ Em plano inclinado, o escoamento superficial tende a ocorrer antes do valor limite da infiltração ser atingido, devido ao declive.

2.2.2. Vegetação

A densidade de vegetação, existente numa bacia hidrográfica, influencia a evapotranspiração e a capacidade de infiltração de água no solo [5]. Uma densidade de vegetação elevada pode diminuir substancialmente a velocidade do escoamento superficial, o que induz a redução da erosão do solo e a ocorrência de cheias rápidas [19]. As espécies de comportamento perene assumem especial importância no combate à erosão no Inverno, uma vez que a folhagem evita o choque direto das gotas da chuva com a superfície do solo [19]. O sistema radicular da vegetação aumenta a permeabilidade do solo, melhorando a sua estrutura e arejamento.

As vantagens da existência de uma galeria ripícola bem constituída vão ainda mais além das supracitadas. A vegetação ribeirinha assume um papel preponderante na diminuição da velocidade da corrente, reduz a suscetibilidade das margens à erosão, diminui o assoreamento do leito, constitui habitat e providencia alimento à fauna aquática e terrestre, diminui a temperatura e aumenta a oxigenação da água, e contribui para uma melhoria da qualidade da mesma – o que favorece a proliferação de peixes e macroinvertebrados –. Assim, a interação água/solo deve ser feita através de dois tipos de vegetação:

- vegetação elástica – papel fundamental na proteção contra a erosão, uma vez que se inclina sobre a margem;
- vegetação rígida e densa – reduz a velocidade de escoamento e, consequentemente, a erosão.

A existência de árvores rígidas isoladas deve ser evitada, uma vez que desviam a água, reduzem pouco a velocidade de escoamento, geram forte turbulência e criam uma crescente erosão da margem por lavagem do solo em torno das raízes e do tronco [15].

2.3. Medidas Estruturais

A mitigação dos impactes das cheias combina, idealmente, medidas de âmbito estrutural e não-estrutural. Medidas estruturais, como o próprio nome indica, implicam a construção de estruturas que visam quer o controlo da água como o do solo, e respetivo uso. Podem ser de carácter extensivo ou intensivo, dependendo se abrangem vastas áreas (florestação por exemplo) ou se se tratam de estruturas pontuais e lineares (bacias de retenção, diques, canais, etc.), respetivamente [12].

Segue-se uma descrição das medidas estruturais que foram importantes para a elaboração da proposta deste trabalho.

2.3.1. Técnicas de Engenharia Natural

A Engenharia Natural (EN) é um subdomínio da Engenharia Civil que pretende responder ao paradigma da construção sustentável. Através da utilização de materiais vivos e inertes locais tem como objetivo corrigir os desequilíbrios induzidos nos ecossistemas, bem como cumprir todos os requisitos técnicos da obra exigidos de forma estética e ecologicamente mais viável [20]. As funções das técnicas de EN encontram-se sintetizadas no quadro 2.II.

FUNÇÕES TÉCNICAS	Proteger o solo contra a erosão provocada pela corrente dos cursos de água, vento, gelo e precipitação
	Estabilizar terras
	Reduzir a velocidade de escoamento dos cursos de água
FUNÇÕES ECOLÓGICAS	Melhorar a capacidade de absorção e retenção de água no solo
	Melhorar a capacidade de drenagem do solo
	Reduzir a poluição sonora
	Reduzir a poluição atmosférica
	Promover o equilíbrio térmico do solo
	Melhorar a capacidade fértil do solo
FUNÇÕES ESTÉTICAS	Aumentar a qualidade visual da paisagem
	Diminuir os danos provocados por catástrofes naturais ou pela ação do Homem
	Integrar construções na paisagem
FUNÇÕES ECONÓMICAS	Reduzir os custos de instalação/ construção relativamente às obras tradicionais de Engenharia Civil
	Reduzir os custos de manutenção e reparação
	Valorizar os terrenos através da criação de áreas verdes em locais incultos

Quadro 2.II – Funções e efeitos das técnicas de EN (adaptado de Zeh, Helgard, 2007 [20])

As técnicas de EN podem ser utilizadas no domínio construtivo dos trabalhos em terra, fluviais e costeiros, em obras anti erosivas e estabilizadoras, obras de

requalificação da paisagem e da rede hidrológica, recuperação de áreas ardidadas, reconstrução de ecossistemas naturalizados, obras de revestimento vegetativo, obras de consolidação de encostas e margens e obras de bio remediação de solo e água [20] & [21] como complemento ou em substituição das obras tradicionais de Engenharia Civil [20]. A seleção da técnica a aplicar depende do objetivo, das características do local e do estado hidrológico do curso de água, bem como dos recursos disponíveis *in situ*, que devem ser, idealmente, duradouros, para que a construção se revele mais económica e sustentável em termos de manutenção. É frequente a utilização de técnicas combinadas. Sementeiras, utilização de colchões Reno e geotêxteis são exemplos de técnicas anti erosivas. Das técnicas comuns de estabilização de margens e taludes destaque, entre outras, a estacaria viva, utilização de entrançados vivos, rolos de pedra, enquanto que, nas obras de consolidação é frequente a construção de muros de suporte vivo, gabiões vivos, grades vivas, etc [22].

2.3.2. SUDS

Os Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) são sistemas de drenagem construídos em meio urbano, que procuram imitar o ciclo natural da água neste tipo de ambiente, de acordo com o que deveria existir no local anteriormente à construção de edificado e impermeabilização dos terrenos. Os principais objetivos são a diminuição do escoamento superficial através do aumento da evapotranspiração e da infiltração, e da retenção de água no solo, bem como a promoção da biodiversidade e o tratamento da água. O uso destes sistemas é determinante no controlo das águas pluviais, uma vez que, os SUDS são bastante vantajosos face aos sistemas de drenagem tradicionais em termos de necessidades de manutenção e operações de limpeza, conferindo valor estético aos locais onde se encontram. As principais diferenças entre os SUDS e as técnicas de drenagem convencionais podem ser consultadas no anexo 3. Por outro lado, a configuração destes sistemas promove um acesso fácil e direto aos mesmos, o que facilita a compreensão destes sistemas por parte dos utilizadores locais, dos observadores e das equipas de manutenção. Dependendo das características do local e da função pretendida, existe uma vasta gama de soluções, tais como: valas⁶, valas drenantes⁷, poços de infiltração⁸, bacias de

⁶ Traduzido do inglês «Swales»

⁷ Traduzido do inglês «Trenches»

⁸ Traduzido do inglês «Soakaways»

retenção, áreas alagáveis, pavimentos permeáveis, coberturas ajardinadas⁹, entre outras [23]. Desta forma, os SUDS permitem reduzir os impactos na drenagem dos solos altamente impermeabilizados em meio urbano.

3.4. Medidas Não-estruturais

As medidas de carácter preventivo e corretivo, executadas através da implementação de diretrizes de cariz legislativo ou institucional denominam-se por não-estruturais [12]. Estas são extremamente importantes na temática da mitigação dos riscos de cheia na medida em que são um elemento fulcral para a limitação e controlo do uso do solo nas áreas potencialmente afetadas, bem como para a redução dos danos.

São exemplos de medidas não-estruturais a implementação de sistemas de alerta e aviso, planos de emergência, seguros, educação ambiental, planeamento do uso do solo, permutas de terrenos, incentivos à instalação de atividades menos vulneráveis às cheias, e regulamentação, em que os instrumentos de ordenamento do território assumem especial importância [12].

9 Traduzido do inglês «Green roofs»

Capítulo III: Análise

O presente capítulo expõe de que maneira as temáticas abordadas anteriormente se relacionam, especificamente, com a bacia hidrográfica da ribeira da Laje, contida dentro dos limites administrativos do município de Oeiras. Considerei essencial analisar os episódios de cheia ocorridos na ribeira da Laje e respetivas consequências, bem como, o modo como esta evoluiu ao longo dos tempos e de que forma esse fator influenciou o regime torrencial atual. Não esquecendo a importância dos fatores biofísicos e antrópicos na resposta às cheias, examinei os dados obtidos através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), acompanhados, sempre que possível, da legislação em vigor aplicável.

3.1. Registo histórico de cheias

Na memória dos habitantes da bacia hidrográfica da ribeira da Laje existem várias ocorrências de cheia que marcaram violentamente os últimos cinquenta anos, com perdas de vidas e bens materiais.

Através da análise dos relatórios de ocorrência de cheias e recortes de imprensa existentes nos arquivos da CMO, pude identificar quatro episódios que mereceram uma abordagem pormenorizada, para uma melhor compreensão da problemática no concelho e, em particular, na ribeira da Laje.

Segundo narrativas dos jornais «Diário da Manhã», «Diário de Notícias», «O Século», «A Voz» e «República», na noite de 26 para 27 de Novembro de 1967, a cheia causou danos e prejuízos a centenas de pessoas, sendo que, foram contabilizados 81 mortos e 150 desalojados. Na mesma data toda a região de Lisboa foi devastada, tendo o número total de mortes atingido um valor próximo das sete centenas de pessoas [24]. Património foi destruído no Palácio dos Marqueses de Pombal, e, infraestruturas como estradas, pontes, redes de abastecimento de água,

redes de energia elétrica, sistemas de esgotos, e estruturas de comunicação telegráfica e telefónica ficaram danificadas. Foi necessária a intervenção de entidades como a Cruz Vermelha Portuguesa, PSP, GNR, TAP, Forças Armadas Portuguesas, Força Aérea, Santa Casa da Misericórdia, Cáritas Portuguesa, Exército, Marinha, entre muitas outras, bem como associações e particulares, que voluntariamente uniram esforços para recuperar da tragédia através da doação de fundos, alimentos, agasalhos e materiais de construção. Segundo estimativas de P. Celestino da Costa, as cheias de 1967 foram características de um valor frequência (período de retorno) de 500 anos [6].

A cheia de 18 de Novembro de 1983, causou 10 mortes e 120 desalojados. O Palácio e jardins dos Marquês de Pombal foram afetados, o Instituto de Ciência da Gulbenkian teve prejuízos na ordem dos 200 mil contos apenas em equipamento laboratorial, 40 viaturas foram apanhadas na enchente, estradas foram cortadas e até os comboios da linha de Cascais interromperam a sua circulação, de acordo com os jornais «Correio da Manhã», «O Dia», «Diário de Notícias», «A Capital», entre outros. O Governo subsidiou 3 milhões de contos para os concelhos afetados (Cascais, Sintra, Oeiras, Amadora, Loures, Sobral de Monte Agraço, Arruda dos Vinhos, Vila Franca de Xira, Alenquer, Mafra, Torres Vedras, Azambuja e Setúbal). A normalidade foi restabelecida graças ao esforço das autarquias e paróquias locais, bombeiros, Cruz Vermelha Portuguesa, Cáritas Diocesana de Lisboa, Cáritas Portuguesa, membros das forças militares, associações de moradores e particulares voluntários. No parque municipal de Oeiras foi registada uma linha de cheia com 2 metros de altura. Segundo o Centro de Estudos de Hidrossistemas (CEHIDRO), citado por P. Celestino da Costa, 1986 [6], a precipitação que deu origem à cheia de 1983, atingiu o valor de período de retorno de 100 anos.

Novamente ao dia 18 de Novembro, em 2011, o distrito de Lisboa foi fustigado com chuva intensa durante três horas, o que levou à ocorrência de cheias graves nos concelhos de Oeiras, Sintra e Cascais. A ribeira da Laje transbordou, tendo provocado danos materiais na população homónima e em toda a zona do parque municipal de Oeiras. No parque de estacionamento adjacente, onde a água atingiu um metro de altura, encontravam-se estacionadas cerca de 200 viaturas.

A 06 de Dezembro de 2012 o cenário voltou a repetir-se no parque municipal de Oeiras. Assim como em Novembro de 2011, as viaturas que se encontravam no parque de estacionamento local ficaram parcialmente submersas. Várias reclamações foram apresentadas à CMO pelos proprietários, que solicitaram o pagamento dos prejuízos, uma vez que, à data, o parque de estacionamento encontrava-se

devidamente sinalizado como tal [25]. Este facto alimentou, durante muito tempo, a batalha do apuramento de responsabilidades entre proprietários, o município e as seguradoras. Porém, atualmente, a placa de indicação já não se encontra no local. Para retomar a normalidade foram necessários vários dias de trabalhos de limpeza.

Em suma, para além da perda de vidas e de bens, ao longo dos anos, formam grandes as responsabilidades que o município teve que assumir, bem como o esforço que fez para restabelecer a normalidade, muitas das vezes com recurso a auxílios prestados por entidades e instituições externas. Contudo, esse esforço foi feito tendo em vista a reposição das características existentes anteriormente a cada episódio de cheia, sem qualquer correção, a par do risco de reincidência [26]. Saliento uma exceção referente às cheias de 1983, que, apesar de tudo, foram as principais impulsionadoras do desenvolvimento de metodologias de monitorização de caudais, e de revisão da legislação referente a esta temática. Assim, no seguimento deste acontecimento, julgo crucial uma mudança de mentalidades, para que os episódios de cheia sejam vistos como uma oportunidade para repensar as estratégias existentes, e assim, mitigar o risco de cheia associado à ribeira da Laje. Por outras palavras, é necessária a viragem de uma atitude de ajustamento para a atitude intolerante ao risco que dá origem a alterações profundas no território.

A causa das cheias «*não é a chuva nem a falta de limpeza das sarjetas, mas sim a desorganização urbanística de toda a área metropolitana (de Lisboa)*» afirmou o Arquiteto Paisagista Gonçalo Ribeiro Telles, quando, em 2008, a cheia do rio Jamor arrastou para a corrente um carro provocando duas vítimas mortais [27].

3.2. Caracterização da bacia hidrográfica da ribeira da Laje

Seguidamente encontra-se apresentada uma análise tendo por base os dados recolhidos e a legislação aplicável. É importante salientar que a cartografia utilizada, no que respeita a bases de dados dos SIG, é referente apenas ao concelho de Oeiras por motivos legais de autorização de utilização dos dados. Por conveniência, toda a área do concelho que não corresponde à área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje se encontra desvanecida nas cartas apresentadas. Todas as cartas podem ser consultadas com maior definição no anexo 4.

3.2.1. Clima

A ribeira da Laje situa-se na Região da Costa do Estoril, e portanto, é fortemente influenciada pela proximidade ao rio Tejo e ao Oceano Atlântico. Este facto confere-lhe uma certa amenidade climática, composta por fracas amplitudes térmicas. A temperatura média anual registada na bacia hidrográfica varia entre os 14°C e os 16°C [5].

Relativamente aos valores de precipitação sabe-se que a anos chuvosos sucedem-se anos de seca e vice-versa [5]. Devido a este desequilíbrio é normal a ocorrência de grandes quantidades pluviométricas em 24 horas, após longos períodos de deficit hídrico, o que resulta em graves problemas de inundações [5].

Da nascente à foz, a bacia hidrográfica da ribeira da Laje apresenta valores de precipitação anual média na ordem dos 800-1000 mm a norte (Sintra) e 600-800 mm a sul (Oeiras). Dado que Novembro e Janeiro são os meses em que se verificam os valores mais elevados de precipitação, e tendo em conta a problemática das cheias rápidas, considerei essencial contabilizar os valores de «precipitação máxima diária». No quadro seguinte podem-se observar os valores típicos de precipitação máxima diária num dos meses mais chuvosos e num dos meses mais secos do ano, registados nas estações udométricas existentes na bacia hidrográfica da Laje ou envolvente imediata [5].

Local	Novembro	Julho
Sintra/ Pena	98,5 mm	17,8 mm
Sassoeiros/ Oeiras	155,0 mm	7,0 mm

Quadro 3.1 – Precipitação máxima diária registada nas estações udométricas da bacia hidrográfica ou envolvente imediata (adaptado do Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das ribeiras da costa do Estoril [5]. Fonte: LNEC)

É possível constatar que, os valores diários de precipitação característicos da época chuvosa e seca, não são tão desequilibrados a montante (Sintra) quanto a jusante (Oeiras). Verifica-se ainda que a precipitação máxima diária registada em Oeiras no mês de Novembro representa cerca de 1/5 da precipitação média anual.

3.2.2. Hidrografia

A bacia hidrográfica da ribeira da Laje é partilhada pelos concelhos de Sintra, Cascais e Oeiras, cuja percentagem de área aproximada em cada um é corresponde a

58,7%, 16,4% e 24,7%, respetivamente. A ribeira nasce em Algueirão-Mem Martins e percorre 17.26km até à confluência com o rio Tejo na praia de Santo Amaro, sendo que, apenas 5.71km desse percurso são feitos dentro dos limites do concelho de Oeiras. É uma bacia de pequena dimensão com 41.6km² de área, 9.77km² dos quais dentro do limite estabelecido para este trabalho. A ribeira da Laje é uma das cinco linhas de água que marcam a morfologia do terreno do concelho de Oeiras no sentido norte-sul. A figura e o quadro seguintes ilustram o enquadramento geográfico e descrição supracitada.



Figura 3.1 – Enquadramento geográfico da bacia hidrográfica da ribeira da Laje. Fonte: Google Earth

Concelho	Sintra				Cascais	Oeiras				Cascais
Freguesia	Algueirão-Mem Martins	Rio de Mouro	Agualva-Cacém	S. Pedro de Penaferrim	S. Domingos de Rana	Barcarena	Porto Salvo	Paço de Arcos	Oeiras – S. Julião	Carcavelos
Área da freguesia na bacia hidrográfica (%)	14,4	35,2	3,8	5,3	15,6	1,6	9,9	0,7	12,5	0,8

Quadro 3.II – Divisão administrativa da área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje e respetivos valores (adaptado de [29]. Fonte: LNEC)

A ribeira de Talaíde (também apelidada de «Parreiras»), a ribeira de Leião (também conhecida por «Ancha») e a ribeira de Freiria constituem os principais afluentes da ribeira da Laje. Estes cursos de água provêm da Quinta dos Letrados, do parque empresarial Tagus Park, e do bairro Cova do Coelho, respetivamente.

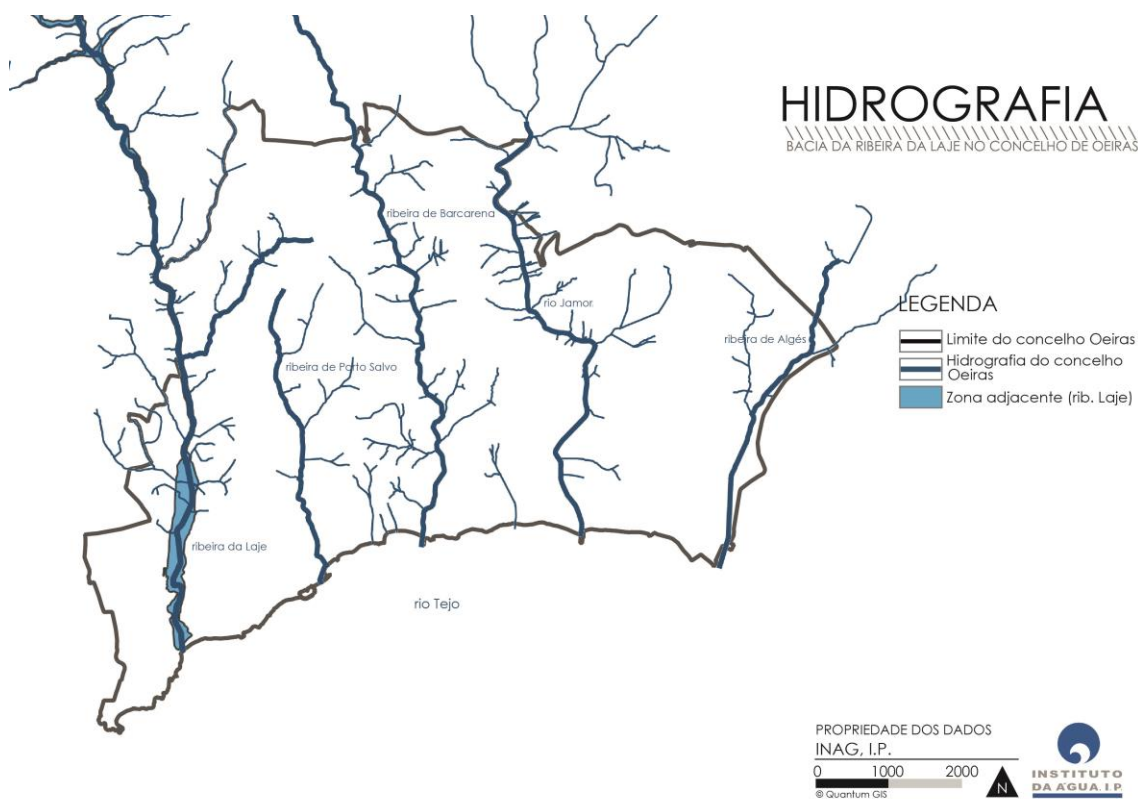


Figura 3.2 – Carta da hidrografia do concelho de Oeiras e zona adjacente da ribeira da Laje. Fonte: Instituto da Água, I.P.

A ribeira apresenta variações acentuadas nos valores de caudal, quer ao longo dos meses bem como dos anos. Em episódios de precipitação intensa, o escoamento processa-se com elevada rapidez, o que dá origem a caudais de cheia com valores muito elevados e efeitos devastadores. A ocorrência destes episódios deve-se ao facto de existirem extensas áreas impermeabilizadas na bacia, resultantes de uma desregrada ocupação antrópica. Em vários troços, motivadas pelo aproveitamento das margens para construção de edificado e pela tentativa de aceleração do escoamento de caudais de cheia, foram feitas obras de regularização fluvial. Perante a situação de caudais anuais médios, a secção torna-se muitas vezes sobredimensionada relativamente à quantidade de água transportada, levando a situações de estagnação e falta de limpeza [5]. Na população da Laje, a ribeira da Freiria, encontra-se canalizada subterraneamente, facto que origina situações de transbordo frequente da

linha de água, em situações de precipitação intensa, devido ao estrangulamento que se verifica na entrada do canal. Para além deste constrangimento, relembro que, este tipo de intervenção tem efeitos devastadores para a qualidade ecológica da ribeira, como se encontra referido no capítulo anterior (2.1).

Após as cheias de 1983, foram instaladas estações hidrométricas em várias ribeiras da região de Lisboa, no sentido de monitorizar os caudais existentes. No entanto, estas mantiveram-se em funcionamento apenas até ao fim da década de oitenta, e por esse motivo os registos rigorosos de caudal que se podem consultar atualmente são bastante limitados. Em todo o caso, foi possível obter alguma informação sobre os registos da estação hidrométrica da Estação Agronómica Nacional.

Estação hidrométrica existente na ribeira da Laje	Série de dados	Caudal máximo instantâneo (m³/s) e data da ocorrência
Mercês	85/86 a 88/89	—
Estação Agronómica Nacional	85/86 a 88/89	78,59 m ³ /s 26/11/89

Quadro 3.III – Caudal máximo registado nas estações hidrométricas da ribeira da Laje (adaptado do Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das ribeiras da costa do Estoril [5]). Fonte: LNEC

Para além dos registos *in situ* do caudal máximo instantâneo, ou caudal de ponta de cheia, efetuados nas estações hidrométricas, é possível calculá-lo também, através dos valores da precipitação disponíveis da estação hidrométrica mais próxima, segundo a aplicação do modelo de escoamento/precipitação HEC-1 desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center (US Army Corps of Engineers)*. No quadro seguinte, encontram-se sintetizados os resultados do cálculo feito para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, tendo em conta a quantidade de precipitação ocorrida durante 5,5 horas [30]. Este valor, 5,5 horas, traduz o «tempo de concentração» da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, ou seja, o intervalo de tempo que a gota de chuva que cai no ponto mais afastado da bacia demora a chegar à secção de controlo (foz).

Período de retorno	T5	T10	T20	T50	T100
Precipitação ($t_c = 5,5H$)	48,0 mm	55,7 mm	63,1 mm	72,6 mm	79,8 mm
Caudal de ponta de cheia	44 m ³ /seg	56 m ³ /seg	69 m ³ /seg	85 m ³ /seg	97 m ³ /seg

Quadro 3.IV – Resultados dos valores de precipitação ($t_c = 5,5H$) e caudal de ponta de cheia obtidos para cinco períodos de retorno, através da aplicação do modelo HEC-1. Fonte: Instituto da Água, I.P [15]

Para além da informação numérica, existe ainda um mapeamento e legislação bastante importantes associados à bacia hidrográfica da ribeira da Laje. Ainda como repercussão das cheias da década de oitenta, no sentido de determinar as suas causas, e para que medidas corretivas referentes à desorganização territorial fossem tomadas, foi criado, pelo Conselho de Ministros, o Grupo de Trabalho das Cheias (G. T. Cheias) na Resolução de Conselho de Ministros n.º 2/84 de 4 de Janeiro, no âmbito da Direcção-Geral do Ordenamento, do Ministério da Qualidade de Vida. O G. T. Cheias definiu então as zonas adjacentes à ribeira da Laje aprovadas pelo Decreto regulamentar n.º 45/86 de 26 de Setembro. Zonas adjacentes são todas as áreas contíguas às margens que se encontram ameaçadas pelo mar ou pelas cheias, cujo limite máximo se define pela linha alcançada pela cheia dos 100 anos [31]. As zonas adjacentes são alvo de normas específicas de proteção e manutenção que visam o aumento das condições de permeabilidade do solo, e a diminuição e controlo da ocupação edificada [31]. Também o resultado da análise das causas das cheias de 1983, feita pelo G. T. Cheias, foi publicado em Diário da República, através do Decreto-Lei n.º 89/87 de 26 de Fevereiro, onde se pode constatar que o principal motivo se deveu ao aumento das áreas impermeabilizadas e à obstrução das áreas contíguas aos cursos de água pela ocupação urbana [32].

Assim, indo ao encontro do trabalho desenvolvido pelo G. T. Cheias, e analisando a frequência e consequências das cheias mais graves, determinei que a proposta deste trabalho passaria por definir estratégias que atenuassem o caudal de ponta de cheia referente ao período de retorno de 100 anos, uma vez que se trata de um projeto cujo investimento em obra se justifica pelo facto de mitigar os efeitos das cheias numa magnitude e num intervalo de tempo considerável. Apesar de existirem dados de precipitação e caudal relativos aos períodos de retorno de 500 e 1000 anos,

julgo que não são intervalos de tempo adequados à escala do município uma vez que, em 500 e 1000 anos, a ocupação do solo irá ser, imprevisivelmente, diferente da situação atual, e por isso, uma hipotética proposta ficaria desatualizada antes do investimento ser efetivamente rentabilizado.

3.2.3. Relevo

A forma do relevo numa bacia hidrográfica é um fator determinante na configuração da distribuição e retenção da água superficial e subterrânea [15]. Do mesmo modo, também a precipitação e a distribuição da fauna e flora são influenciadas pela altitude [28]. No caso da bacia da ribeira da Laje é evidente, através da análise da carta hipsométrica, que as cotas a norte da confluência com a ribeira de Leião (50 a 150m) são maioritariamente bastante superiores às cotas a jusante (50 m).

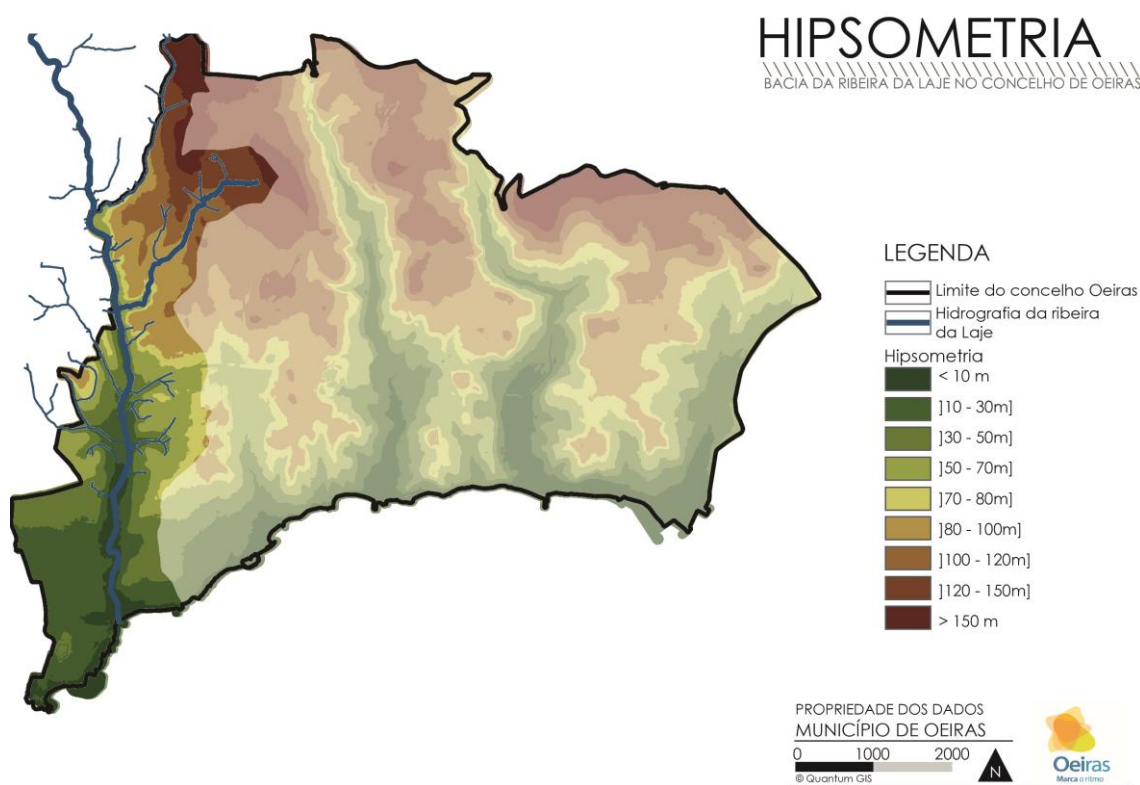


Figura 3.3 – Carta hipsométrica do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Município de Oeiras

No quadro seguinte estão sintetizados os valores máximos e mínimos das cotas registadas na bacia hidrográfica em questão, bem como a altitude do curso de

água e respetivo declive, quer no concelho de Oeiras, quer da área total da bacia da ribeira da Laje.

	Bacia hidrográfica da ribeira da Laje	
	Total	Oeiras
Cota máxima da bacia hidrográfica	228 m	182 m
Cota mínima da bacia hidrográfica	0 m	0 m
Cota máxima do curso de água	198 m	52 m
Cota mínima do curso de água	0 m	0 m
Declive médio do curso de água	1,16%	0,91%

Quadro 3.V – Declives, cotas máximas e mínimas registadas no curso de água e na área total da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, em particular, no concelho de Oeiras

O estudo do declive permite perceber a magnitude da energia dos escoamentos superficiais, e consequentemente da suscetibilidade a fenómenos erosivos [5]. Segundo Coutinho, 1984, e Saraiva M. G., 1987, citados no Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das Ribeiras da Costa do Estoril, 2001 [5], os declives e a erosão, são fatores que aumentam o risco de cheia, e agravam as inundações provocadas pela deposição de sedimentos, que resultam no estrangulamento da secção de vazão devido ao arrastamento do caudal sólido. Esse problema verifica-se frequentemente no lugar da Laje, devido à condição de canalização subterrânea da ribeira da Freiria. Em 2011, a imprensa televisiva divulgou a rutura desta infraestrutura como resultado da deposição de material sólido [33]. Como se pode analisar pela cartografia, o lugar da Laje caracteriza-se por valores de declive na ordem dos 15 a 45%. Na zona norte do concelho é possível também observar que as ribeiras da Laje e Leião, estão contidas num vale encaixado bem definido, o que contrasta com as zonas planas a sul, do núcleo centro da vila de Oeiras.

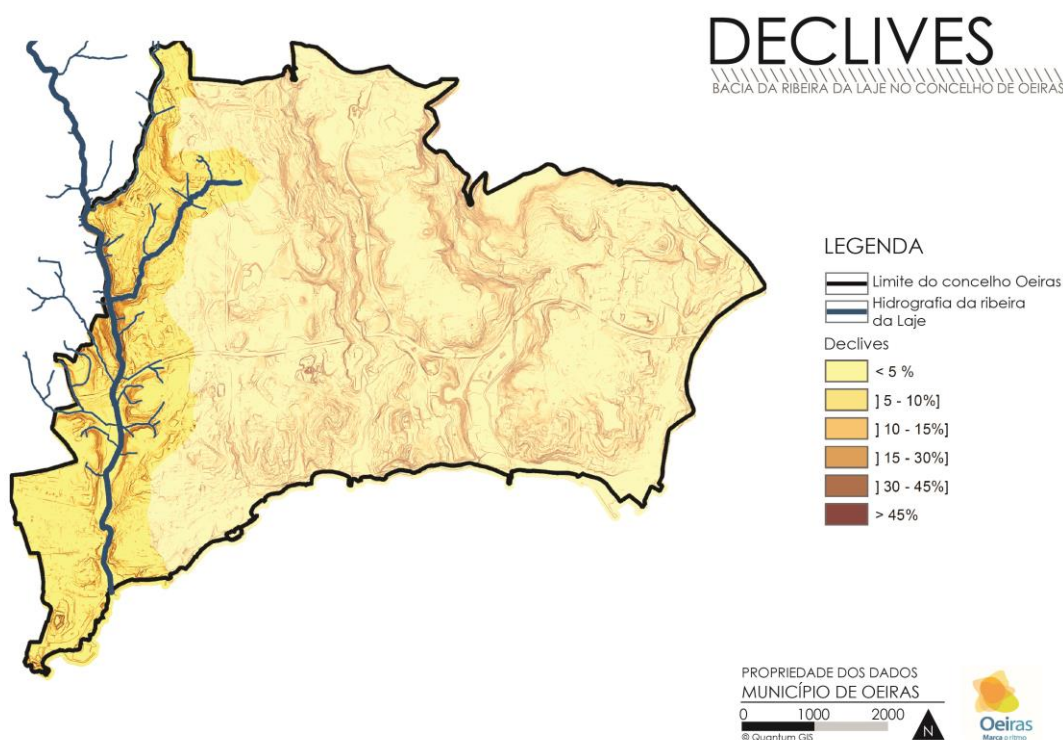


Figura 3.4 – Carta de declives do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Município de Oeiras

3.2.4. Pedologia

A análise da pedologia, juntamente com os declives, é um importante contributo para a compreensão do escoamento e da capacidade de infiltração de água no solo. De acordo com o exposto no capítulo II, foi relacionada a condutividade hidráulica com o tipo de solo da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, pelo que, se pôde verificar que o material geológico presente remete para as duas classes com maiores índices de permeabilidade. No entanto, e devido ao nível freático demasiado próximo da superfície, foi também essencial analisar a capacidade de retenção de água no solo, tendo em conta a geologia e o fator gravidade, através do estudo da porosidade efetiva (percentagem de volume de solo disponível para o armazenamento temporário).

No concelho de Oeiras, como se pode observar na figura 3.5, a zona a jusante do lugar da Laje é caracterizada por solos aluvionares ao longo do traçado da ribeira, enquanto que, na zona norte do concelho, se verifica a existência de calcários, margas, arenitos e dolomitos (formação de Caneças), e de, rochas piroclásticas do complexo vulcânico de Lisboa.

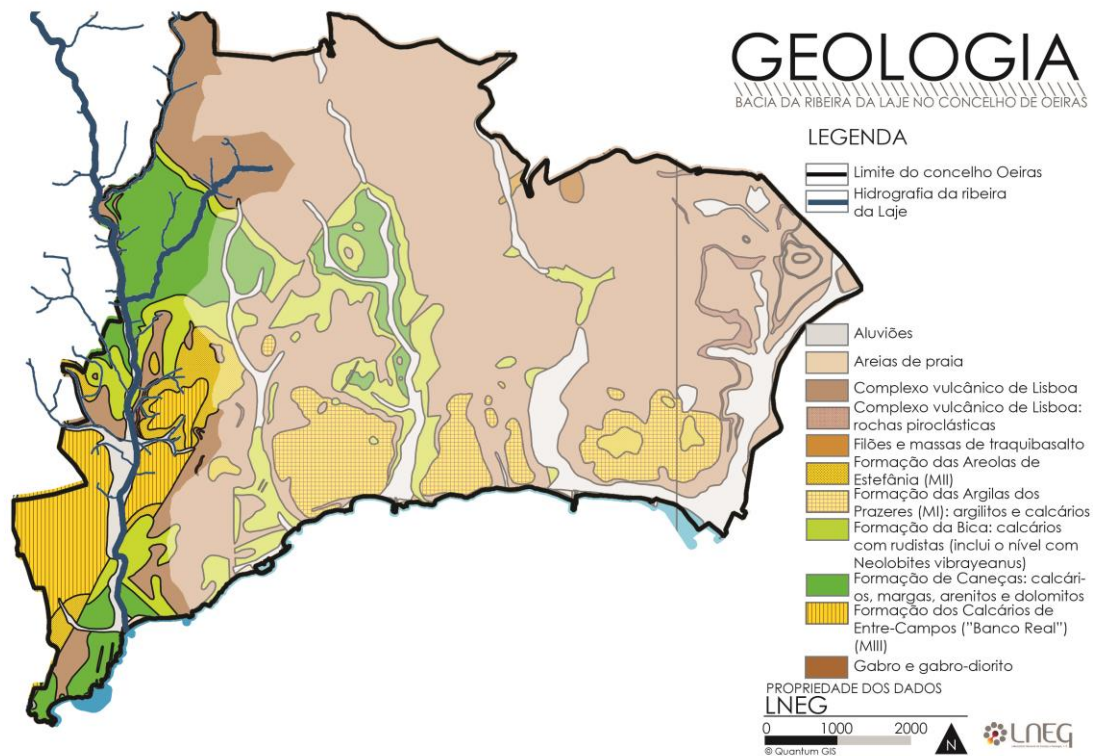


Figura 3.5 – Carta geológica do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: LNEG

Foi então feita uma relação entre a geologia existente e respetivos valores de porosidade efetiva, pelo que podem ser consultados no quadro seguinte.

Material	Formação							Porosidade efetiva (%)		
	Caneças	Complexo Vulcânico de Lisboa	Aluviões	Bica	Areias de praia	Calcários de Entre-Campos	Areolas de Estefânia	Média	Máxima	Mínima
Areias					x			25	35	10
Aluvião			x					15	35	5
Arenitos	x							10	20	0.0
Piroclastos e tufos		x						5	20	0.0
Basaltos vacuolares		x						5	10	1
Calcário detrítico	x			x		x	x	3	10	0.5
Argilas pouco consolidadas	x						x	2	10	0.0
Basaltos compactos		x						1	2	0.1
Dolomitos	x							0.5	1	0.0
Calcário compacto				x		x		0.5	1	0.0

Quadro 3.VI – Relação da geologia com a porosidade máxima, mínima e média dos materiais existentes (adaptado de Lencastre, A. & Franco, F. M., 2003 [19])

Deste modo, foi possível concluir que as areias e os solos de aluvião são os mais propícios para a retenção temporária de água no solo, do que, por exemplo, a formação de Bica e a de Calcários de Entre-Campos. No entanto, esta é uma ilação que carece de uma abordagem mais pormenorizada por parte de um especialista, uma vez que a percentagem de cada material nas formações geológicas é diferente e determinante. No caso da prevenção das cheias rápidas, a retenção de água no material geológico é um fator de elevado interesse, uma vez que representa uma

solução para a água que não infiltra até ao nível de saturação do solo, nem é encaminhada para a secção de vazão, por falta de capacidade da mesma.

3.2.5. Instrumentos de Ordenamento do Território RAN e REN

Uma grande área ao longo da ribeira da Laje está classificada como Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN). Desde a confluência com a ribeira de Talaíde até à zona do Palácio dos Marqueses de Pombal, as margens da Laje encontram-se abrangidas pela RAN. As zonas incluídas neste instrumento são alvo de proteção e gestão sustentável do recurso solo, o que contribui indireta e favoravelmente para a manutenção da permeabilidade do solo e consequente diminuição do escoamento superficial e controlo das cheias [34]. A REN inclui uma área considerável na Quinta da Boiça, população da Laje, na Estação Agronómica Nacional (EAN) e na margem direita do rio Tejo, como se pode observar na figura 3.6. É importante referir que a REN tem contribuído para uma boa gestão do território, principalmente no que respeita à construção de edificado, e para a conservação da natureza e biodiversidade, uma vez que confere estatuto de proteção tanto ao solo como à água.

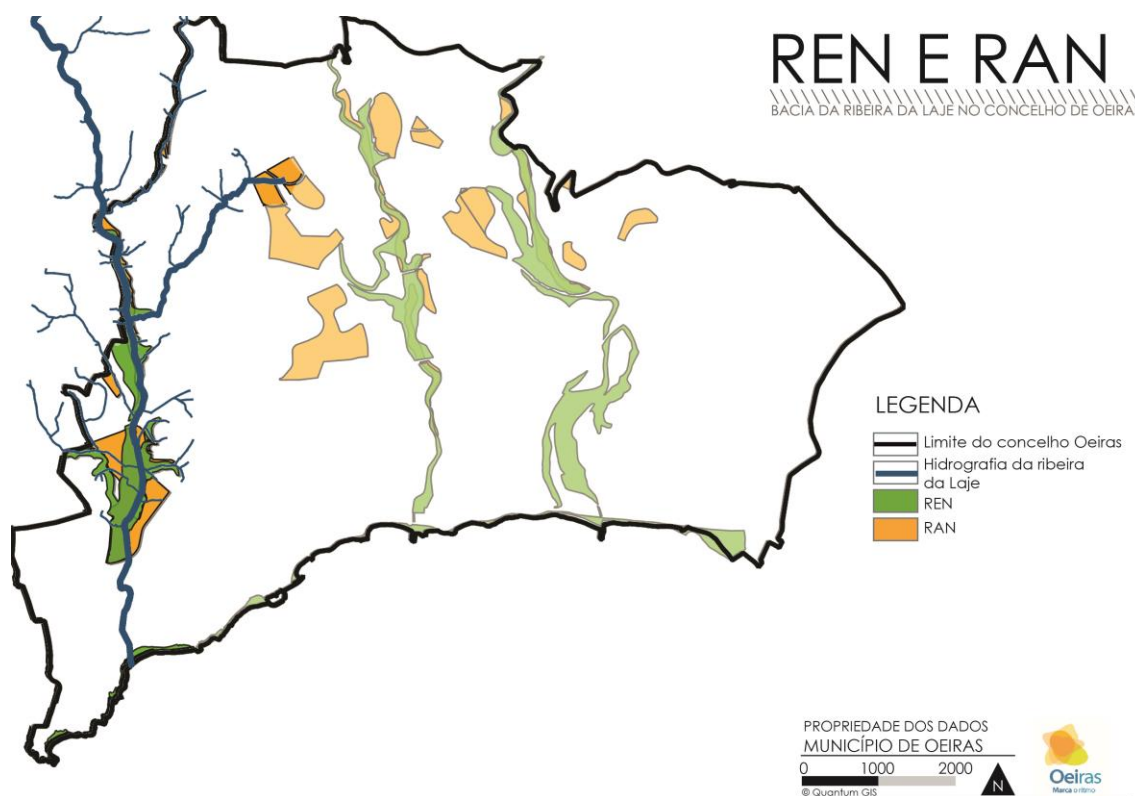


Figura 3.6 – Carta dos terrenos incluídos na RAN e REN do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Município de Oeiras

A concordância entre grande parte das áreas alvo de proposta de intervenção deste trabalho e as áreas abrangidas pela REN não se trata de mera coincidência, dado que, este instrumento inclui áreas de prevenção de riscos naturais como zonas adjacentes, áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo, áreas de instabilidade de vertentes e zonas ameaçadas pelo mar e pelas cheias, não classificadas como zonas adjacentes, de acordo com os termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro) [35].

3.2.6. Espaços verdes ou ajardinados do PDM

Nos dados disponibilizados pela CMO relativos ao Plano Diretor Municipal (PDM) em vigor, de 1994, é possível verificar, como ilustra a figura 3.7, pontos e áreas que, apesar de não estarem obrigatoriamente incluídos na RAN e REN, tiveram interesse para a proposta deste trabalho. Tratam-se de locais pelos quais a CMO é responsável em termos de gestão, nomeadamente espaços verdes (parques públicos e zonas ajardinadas), matas de gestão pública, espaços naturais de proteção e árvores (de arruamento). Este zonamento revelou-se útil para identificação de áreas permeáveis, e para reconhecimento das áreas com manutenção garantida tendo em conta as necessidades das estruturas propostas neste relatório.

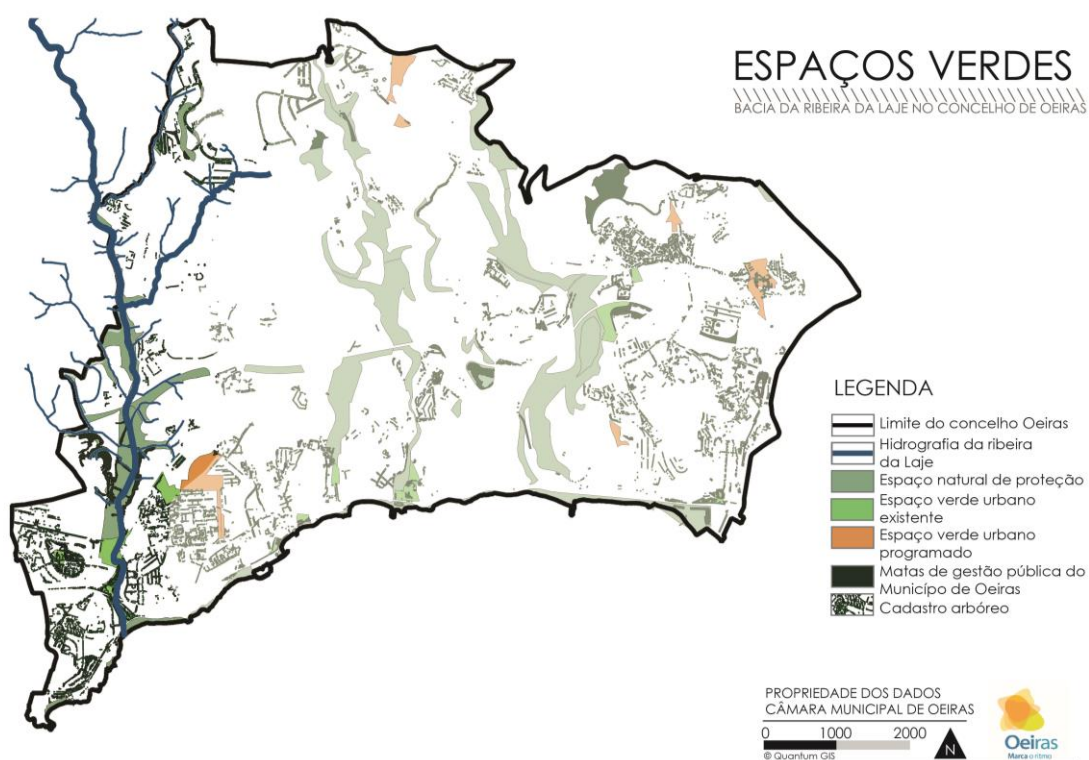


Figura 3.7 – Carta dos espaços verdes e ajardinados geridos pela CMO, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Câmara Municipal de Oeiras

3.2.7. Ocupação do solo

Os três concelhos pertencentes à bacia hidrográfica em estudo, nomeadamente Sintra, Cascais e Oeiras, têm uma ocupação de solo predominantemente urbana. O fenómeno de urbanização e consequente impermeabilização do solo destes concelhos, manifestou-se a partir da década de cinquenta, tendo atingido um crescimento exponencial na década de setenta [5].

	Oeiras	Cascais	Sintra	Lisboa
1940	28 049	29 553	45 082	694 389
1950	34 459	42 177	60 424	783 226
1960	46 900	59 617	79 890	802 230
1970	68 265	92 907	124 893	769 044
1981	149 328	141 498	226 428	807 937
1991	151 342	153 294	260 951	663 394
2001	160 147	168 827	363 556	556 797

Quadro 3.VII – Evolução da população residente nos concelhos englobados pela bacia da ribeira da Laje. Adaptado do Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das ribeiras da costa do Estoril [14]. Fonte: INE, Censos 2001 – Resultados Preliminares

Através da análise do mapa *Corine Land Cover* (CLC) simplificado (nível 1) [36], foi possível observar a dimensão dos territórios artificializados que a ribeira da Laje atravessa, principalmente na nascente e foz. A pressão urbanística na faixa costeira deve-se às condições de conforto bioclimático, à proximidade ao mar e às acessibilidades ferroviárias e rodoviárias existentes, nomeadamente a linha de Cascais e a Avenida Marginal, respetivamente. A ocupação urbana na cabeceira da linha de água, deve-se ao baixo preço dos terrenos e, igualmente, aos acessos existentes. As áreas de ocupação agrícola ainda subsistem na zona intermédia da bacia, no entanto encontram-se cada vez mais em risco, dado que estão definidas como áreas urbanizáveis nos instrumentos de Ordenamento do Território, nomeadamente no PDM de Oeiras [5].

Dentro do limite do concelho, a ocupação do solo da bacia hidrográfica em questão, pode ser diferenciada em três principais tipologias (figura 3.8):

- culturas, permanentes e temporárias, e florestas (terrenos da EAN),
- florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea, associadas às áreas de declive acentuado,

- tecido urbano.

A ocupação das margens da ribeira da Laje por hortas, mantém a permeabilidade dos solos. Por outro lado, este uso do solo parece ter substituído a vegetação ripícola em determinadas zonas, onde se verifica apenas a existência de vegetação infestante combinada, com a prática da agricultura. Devido ao declínio desta atividade, muitos dos terrenos outrora cultivados, e onde atualmente não estão instaladas hortas, encontram-se ao abandono. Este facto influencia a má conservação do solo e da água, agravando os fenómenos erosivos do local e propiciando a ocupação por instalações clandestinas e deposição de lixo [5].

O tecido urbano, classe onde a impermeabilização do solo é maior, subdivide-se em três pólos principais: vila de Oeiras, lugar da Laje e Casal das Chocas.

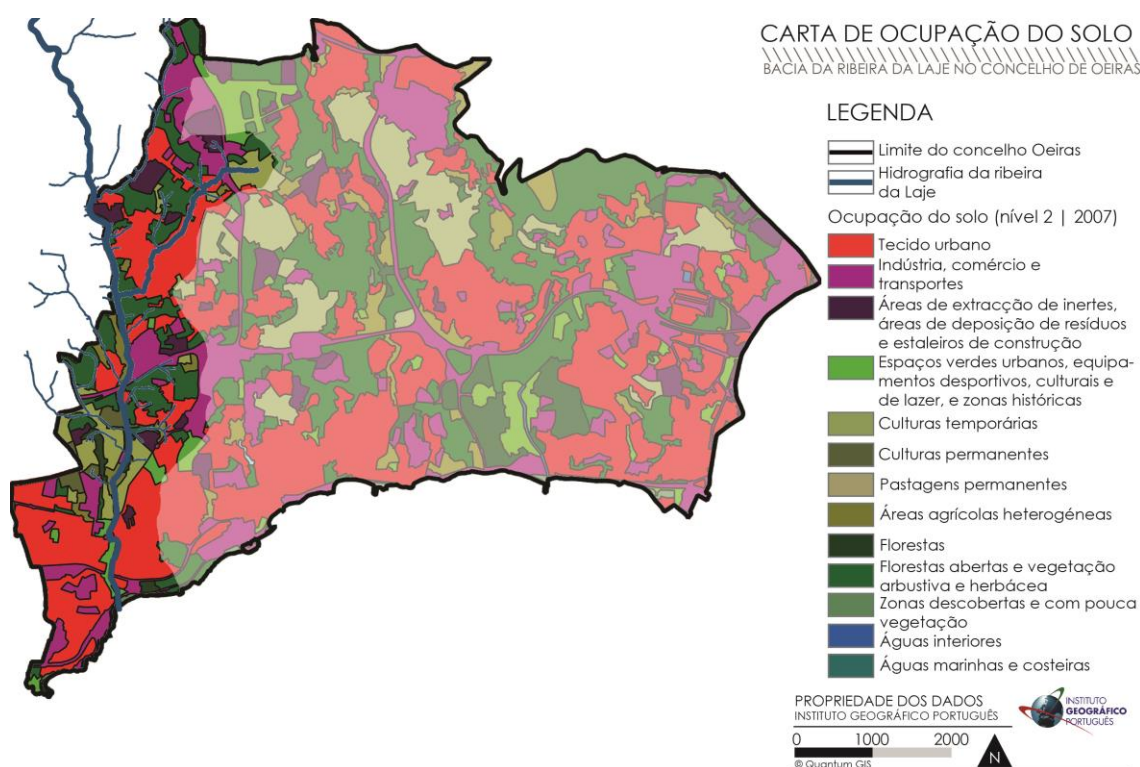


Figura 3.8 – Carta de ocupação do solo do concelho de Oeiras com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Instituto Geográfico Português

A carta de ocupação do solo que utilizei para analisar concretamente o concelho de Oeiras foi a COS' 2007 de nível 2, disponibilizada pelo Instituto Geográfico Português.

Segundo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2000, citado no Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das ribeiras da costa do Estoril, a bacia hidrográfica da ribeira da Laje possui 45,8% da sua área urbanizada, o que se

reflete numa alteração significativa do potencial de infiltração, nas condições do escoamento superficial, e no acréscimo de efluentes domésticos, tornando-a muito mais suscetível às cheias e inundações [5]. Como indicado no capítulo I (1.1), todas as bacias hidrográficas que possuam um valor de área urbanizada superior a 20%, devem ser alvo de propostas que visem o combate às cheias e proteção dos solos, e por isso, pelo quadro seguinte, percebe-se que essas propostas já poderiam ter sido tomadas há cerca de duas décadas.

	1965	1984	1994	2000
Percentagem de área urbanizada da bacia hidrográfica da ribeira da Laje (%)	10,3	19,3	32,0	45,8

Quadro 3.VIII – Percentagem de área urbanizada da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em 1965, 1984, 1994 e 2000. Fonte: [5] & [37]

3.2.8. Edificado

A maior concentração de edificado ocorre nas três grandes áreas de tecido urbano. Realço o bairro dos Navegadores (fig. 3.10) e a população da Laje (fig. 3.11), que fazem parte das áreas urbanas de génese ilegal (AUGI) presentes na bacia hidrográfica da ribeira da Laje em Oeiras (fig. 3.9). A existência destas áreas e de edificado denso sem tratamento dos espaços exteriores, nomeadamente bairros sociais, denota a forma como as zonas periurbanas cresceram sob o ponto de vista de padrões de vida urbanos de baixa qualidade [5].

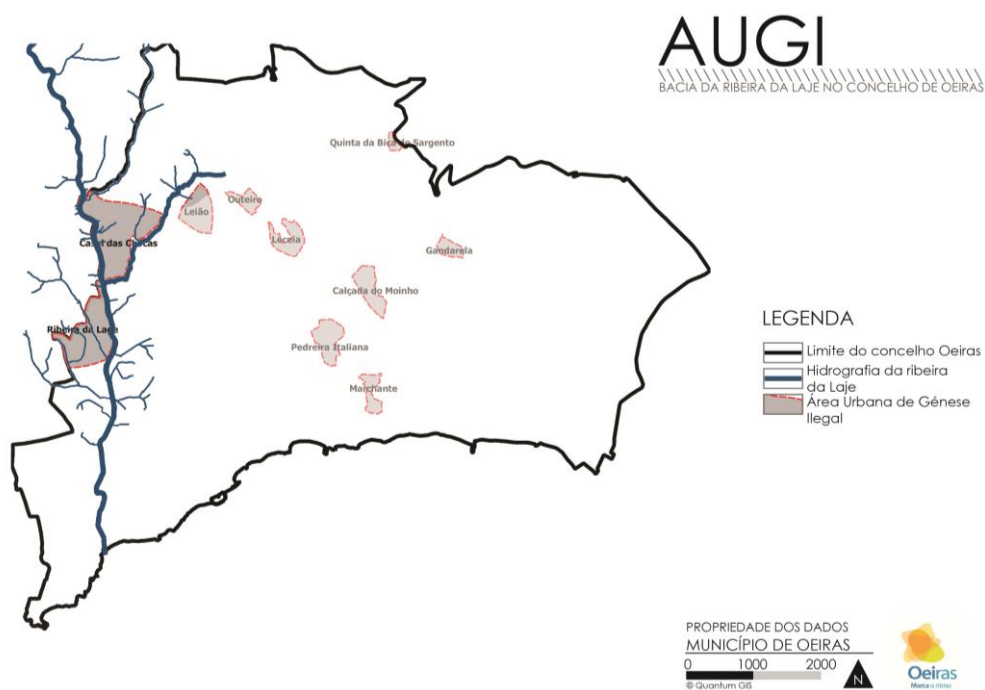


Figura 3.9 – Carta das Áreas Urbanas de Génese Ilegal (AUGI) do concelho de Oeiras, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Município de Oeiras



Figura 3.10 – Bairro dos Navegadores visto da ribeira da Laje. Fonte: Arquivo pessoal, Junho de 2013



Figura 3.11 – População da Laje, situada na margem direita da ribeira da Laje. Fonte: Arquivo pessoal, Fevereiro de 2013

É possível observar casas e quintas de recreio e produção, ao longo da ribeira da Laje, que foram certamente símbolos da atividade agrícola que outrora existiu, totalmente em ruínas e em terrenos abandonados, nomeadamente a Quinta da Estrangeira¹⁰ (fig. 3.12) e a Quinta da Boiça de Cima (fig. 3.13).



Figura 3.12 – Quinta da Estrangeira situada na margem direita da ribeira da Laje. Fonte: Arquivo pessoal, Fevereiro de 2013



Figura 3.13 – Quinta da Boiça de Cima, situada na margem esquerda da ribeira da Laje. Fonte: Arquivo pessoal, Fevereiro de 2013

Na vila de Oeiras, existe maioritariamente edificado habitacional, resultante do crescimento que se fez notar em meados do século XX, do qual saliento o bairro Nova Oeiras da co-autoria do Arquiteto Paisagista Gonçalo Ribeiro Telles, bem como exemplares de cariz patrimonial que definem claramente a atual identidade do concelho, como é o caso do Palácio dos Marqueses de Pombal, bem próximo à linha de água.

Em suma, a existência de edificado e de infraestruturas viárias, situados demasiado próximos do curso de água, contribuem para a sua degradação. No

¹⁰ A Quinta da Estrangeira situa-se dentro do limite administrativo da Câmara Municipal de Cascais.

entanto, mesmo nos casos em que se verifica maior afastamento, a densidade de área construída é tal que induz a impermeabilização dos terrenos, e consequentemente, as escorrências superficiais, aumentando o regime torrencial da ribeira.

3.2.9. Sítios Arqueológicos

Na margem esquerda da ribeira da Laje, junto à população homónima, encontra-se classificada como sítio arqueológico pelo Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico (IGESPAR) uma gruta. Ocupada desde o Paleolítico à idade do Ferro, é um local de onde foram retirados materiais líticos, metálicos e cerâmicos de várias épocas históricas [38], por isso a sua proteção deve ser salvaguardada, quer dos desastres das cheias bem como dos trabalhos de mitigação das mesmas em fase de obra.

3.2.10. Património construído e ambiental

Na perspetiva de identificar e localizar o património ambiental e construído do município suscetível à problemática das cheias, foi fundamental a consulta do Plano de Salvaguarda do Património Construído e Ambiental do Concelho de Oeiras (PSPCACO), aprovado pela Assembleia Municipal em 16 de Dezembro de 1997. O sítio e natureza dos elementos classificados encontram-se ilustrados na figura 3.14.

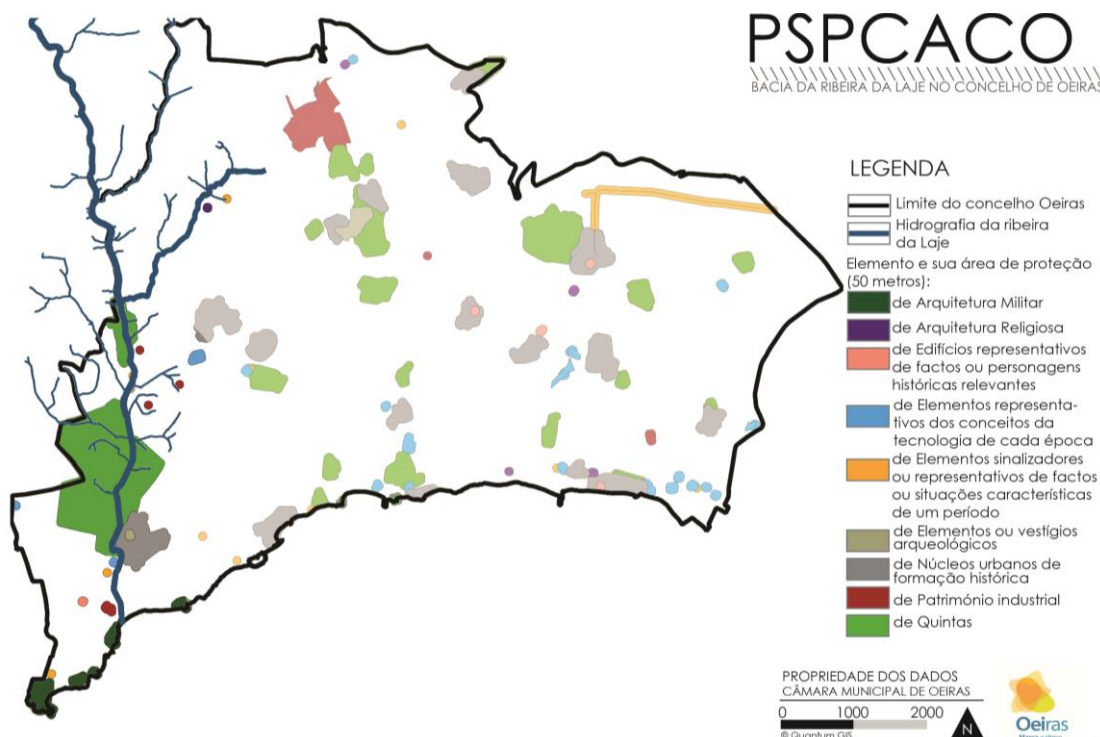


Figura 3.14 – Carta dos elementos classificados pelo PSPCACO, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Câmara Municipal de Oeiras

O PSPCACO é um instrumento que pretende assegurar a defesa e valorização do património, tendo em conta a compatibilização com as necessidades da vida atual. Foi sob esse ponto de vista que foi necessário perceber a dimensão dos danos provocados pelos episódios de cheia e foi tido em consideração, na proposta, que será necessário, nas posteriores fases de projeto de execução e obra, efetuar alterações em alguns elementos, ainda que mínimas, não inviabilizando os atuais usos, em prol da salvaguarda de outros.

Assim, como nos sítios arqueológicos, destaco a necessidade de proteção dos elementos classificados pelo PSPCACO, em fase de obra, nomeadamente da quinta de recreio dos Marquês de Pombal¹¹, da Casa da Quinta do Arriaga, da ponte de pedra situada junto à população da Laje, do núcleo antigo de Oeiras, da antiga fábrica de Lanifícios, e das quintas da Boiça de Cima e da Boiça de Baixo. Também deverá ser ponderada uma reavaliação das medidas de recuperação tomadas nesses elementos após as cheias, para que, no futuro, não se verifiquem mais situações como a do canal da quinta de recreio dos Marquês de Pombal, onde se pode observar uma inadequação nos materiais utilizados no restauro do muro, nomeadamente cimento e tijolo.

3.2.11. Plano Estratégico da Água

Desde 2004, a CMO tem vindo a desenvolver o Plano Estratégico da Água (PEA), que visa o aproveitamento e potenciação dos recursos hídricos do concelho. Tem como objetivo reduzir os consumos, e respetivos custos, de água potável utilizada em trabalhos como a lavagem das viaturas camarárias, manutenção, limpeza e rega do espaço público, através do aproveitamento da água proveniente e disponível nas estruturas de captação, elevação, condução, distribuição, armazenamento e abastecimento de água do município [39].

Na figura 3.15, pode ser observada a localização desses elementos, que, no caso da ribeira da Laje, se tratam essencialmente de tanques, minas, depósitos, lagos, poços, fontes e cascatas.

¹¹ O Palácio dos Marquês de Pombal (incluindo os jardins, a casa da pesca e cascata junta) encontra-se classificado como Monumento Nacional, de acordo com o Decreto n.º 39 175, DG, 1.ª série, n.º 77 de 17Abril 1953

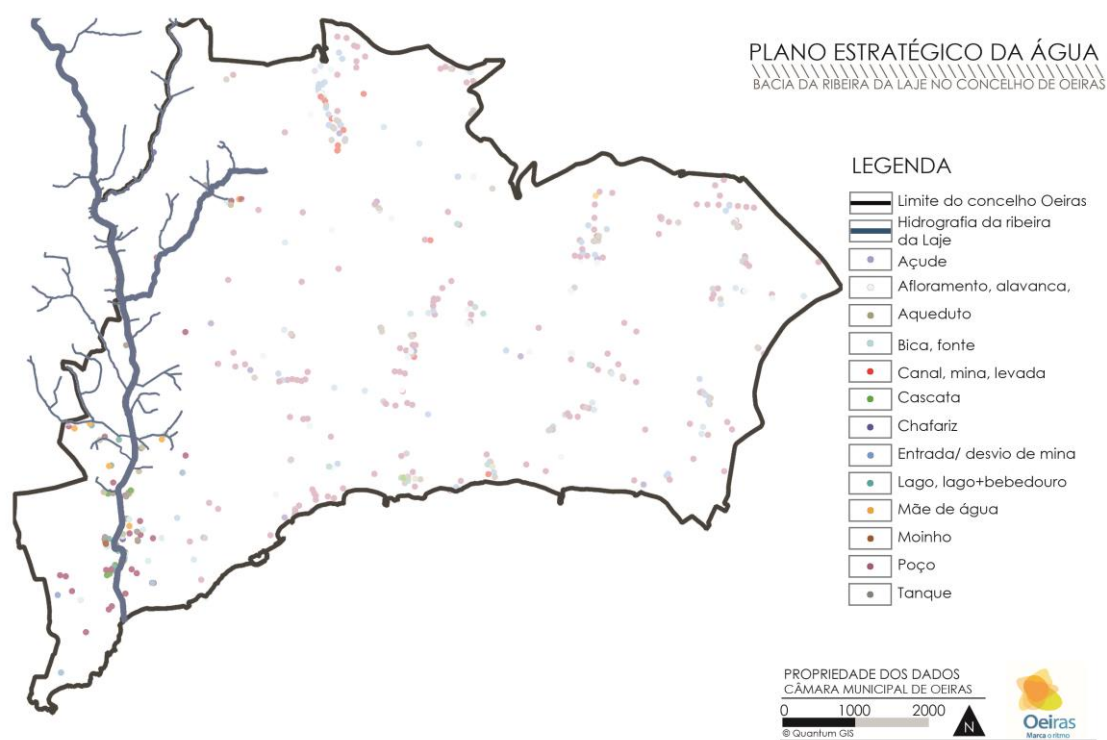


Figura 3.15 – Carta dos elementos identificados no PEA, com a área da bacia hidrográfica da ribeira da Laje em evidência. Fonte: Câmara Municipal de Oeiras

3.3. Evolução da ribeira da Laje no espaço e no tempo

Desde a denominação, ao traçado e modo de condução, foram muitas as alterações pelas quais a ribeira da Laje passou ao longo dos tempos, fortemente influenciadas pela evolução da vila de Oeiras e, inevitavelmente, pelo terramoto de 1755 e figuras associadas. Essas alterações, que se encontram identificadas no anexo 5, levaram a que a ribeira da Laje perdesse capacidade de resposta ao escoamento em situações de precipitação intensa, resultando em dramáticos eventos de cheia com perdas humanas, materiais, de biodiversidade, de património e de recursos naturais.

Capítulo IV: Síntese

A fase de síntese do trabalho consistiu no cruzamento de dados provenientes de estudos pré-existentes, como o Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das Ribeiras da Costa do Estoril, dados recolhidos nas visitas de campo e dados consultados através dos SIG. Para tornar o tratamento da informação mais eficaz, devido ao distinto comportamento da ribeira da Laje, esta foi dividida por troços ao longo do concelho, segundo características homogéneas dos fatores biofísicos e antrópicos existentes. Essa operação revelou-se fundamental para a identificação dos problemas e oportunidades de cada troço, comparação dos mesmos, definição de prioridades e zonamento para a fase de proposta. Assim, dividi a ribeira em sete partes (fig. 4.1), às quais atribuí as seguintes designações:

- 1 - bairro dos Navegadores,
- 2 - quinta da Boiça,
- 3 - lugar da Laje,
- 4 - Estação Agronómica Nacional (EAN),
- 5 - Palácio dos Marqueses de Pombal,
- 6 - parque municipal de Oeiras,
- 7 - foz.

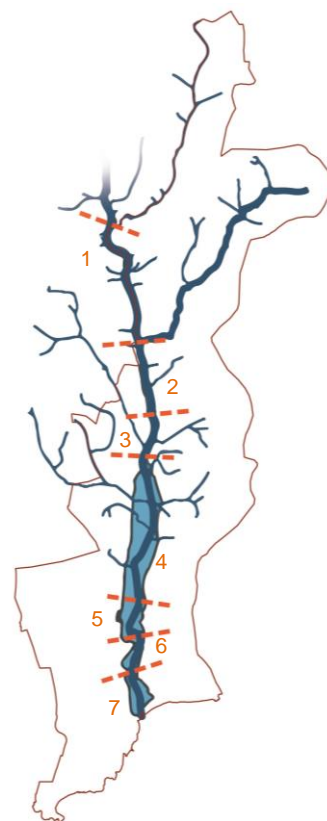


Figura 4.1 – Divisão da ribeira da Laje por sete troços, dentro do limite administrativo do concelho de Oeiras.

Posteriormente, avaliei o estado ecológico da ribeira da Laje, tendo em conta critérios diretamente relacionados com a problemática das cheias e as possíveis propostas. Para isso, existem vários índices que permitem determinar a qualidade dos cursos de água. Após uma análise dos parâmetros avaliados por cada um, considerei a metodologia da autoria de Tánago & Jalón a mais indicada para o desenvolvimento deste trabalho. Este método de avaliação, denominado por Índice de Qualidade Ripícola (IQR), pretende dar resposta às exigências da Diretiva-Quadro da Água e da Diretiva Habitats, e foi desenvolvido especificamente para os cursos de água da Península Ibérica.

4.1. Aplicação do Índice de Qualidade Ripícola

O IQR quantifica a qualidade de cada um dos parâmetros e, após o seu somatório, atribui um valor representativo do estado ecológico do sistema ripícola e respetivas medidas de gestão [46]. Os parâmetros avaliados são:

1. largura média do corredor ripícola,
2. continuidade longitudinal da vegetação ripícola,
3. estrutura e composição da vegetação ripícola,
4. diversidade de fases de crescimento e capacidade de regeneração da vegetação lenhosa,
5. estado das margens,
6. conectividade lateral,
7. substrato e conectividade vertical (permeabilidade).

Os modelos das tabelas do IQR das quais se retiram as pontuações obtidas em cada um parâmetros acima referidos, podem ser consultadas no anexo 6. O resultado da avaliação de cada troço da ribeira da Laje encontra-se sintetizado no seguinte quadro:

		TROÇO						
		1	2	3	4	5	6	7
		Bairro dos Navegadores	Quinta da Boiça	Laje	EAN	Palácio dos Marqueses de Pombal	Parque Municipal	Foz
PARÂMETRO	1.D	9	9	1	9	3	3	2
	1.E	8	7	4	8	2	3	1
	2.D	8	6	4	3	2	5	4
	2.E	8	7	6	6	3	4	4
	3.D	6	5	2	7	1	5	4
	3.E	6	5	4	8	1	5	4
	4	9	8	4	1	1	4	1
	5	10	8	3	0	0	0	0
	6	11	9	4	0	0	0	0
	7	12	11	3	11	9	5	0
VALOR IQR	TOTAL	78	75	35	53	22	34	20
QUALIDADE		razoável	razoável	má	pobre	má	má	má

Quadro 4.1 – Resultado e diagnóstico da aplicação do Índice de Qualidade Ripícola aos troços da ribeira da Laje.

Segundo a metodologia do IQR, os parâmetros estruturais, 1, 2 e 3, devem ser avaliados na margem direita (ex.: 1.D) e na margem esquerda (ex.: 1.E) separadamente, ao contrário dos parâmetros restantes, 4, 5, 6 e 7, que dizem respeito à funcionalidade do sistema ripícola. Os resultados das pontuações obtidas classificam-se de acordo com classes seguintes:

muito boa	boa	razoável	pobre	má	péssima
150 - 130	129 - 100	99 - 70	69 - 40	39 - 10	< 10

Concluindo, verifiquei que o troço da foz é o que apresenta maiores fragilidades, seguindo-se os troços do Palácio dos Marqueses de Pombal, Parque Municipal e lugar da Laje, que correspondem aos locais mais influenciados pela ocupação antrópica. A descrição atribuída pelo IQR a cada uma das classes pode ser consultada no quadro 4.2, retirado do artigo da autoria de Tánago & Jalón, publicado na revista Limnetica [46].

RQI value	Riparian status	Management options
150-130	Very good	Riparian attributes in natural conditions, without threats in their functioning. Great interest in <i>Conservation and Protection</i> , to maintain current status and prevent future alterations of riparian systems
129-100	Good	Most of the attributes are in good or very good conditions and one or two can be altered. Riparian systems need <i>Protection</i> measures to prevent potential new impacts and <i>Restoration</i> measures to achieve full integrity of riparian functions. Eliminate pressures and impacts as much as possible.
99-70	Moderate	Several attributes are moderately altered. Riparian systems require <i>Restoration</i> measures to assure proper hydrological and ecological functioning. Eliminate or <i>Reduce</i> pressures and impacts as much as possible.
69-40	Poor	Most attributes are moderately altered. Riparian systems need <i>Rehabilitation</i> or <i>Restoration</i> measures, to improve and recover hydrological and ecological riparian functions. Reduce pressures and impacts as much as possible and design compensation measures to ameliorate environmental conditions.
39-10	Bad	Several attributes are poorly altered. Riparian systems need <i>Rehabilitation</i> or <i>Restoration</i> measures to reintroduce or gradually improve hydrological and ecological riparian functions. Reduce pressures and impacts as possible and ameliorate the social perception of river degradation.
< 10	Very bad	Most of the attributes are badly altered. Riparian systems need new <i>Rehabilitation</i> or <i>Remediation</i> works, to recreate and reintroduce riparian functions. Improve environmental conditions for good potential status and ameliorate the social perception of river degradation.

Quadro 4.II – Interpretação dos resultados obtidos pelo IQR e respetivas propostas de gestão. Fonte: [46]

O cruzamento de toda a informação reunida para a presente fase de trabalho, foi sintetizado em fichas de caracterização para cada um dos troços definidos. Assim, foi possível comparar os diferentes troços segundo os mesmos critérios. As fichas de caracterização podem ser consultadas no anexo 7, onde se encontra o levantamento fotográfico, um perfil tipo, uma tabela de dados e uma nota descritiva.

4.2. Volumes de cheia e relação com o município

A partir do valor de caudal máximo registado na estação hidrométrica da EAN na década de oitenta¹², apresentado no capítulo III (3.2.2), em unidades de m³ por segundo, estimei a quantidade de água que seria possível registar durante o tempo de concentração da bacia hidrográfica (5,5 horas). Assim, pode chegar ao valor de 1 555 488 m³, que reflete toda a quantidade de água que passa por aquele ponto da EAN, proveniente de toda a extensão da bacia hidrográfica, em 5,5 horas. No entanto, partindo do princípio que o município de Oeiras não é de todo responsável pela gestão da totalidade da água contida na bacia hidrográfica, pude apurar, mediante a percentagem de área da bacia pertencente a cada concelho envolvido, qual a

¹² Valor característico de um período de retorno de 40 anos aproximadamente.

quantidade máxima de água que Oeiras tem a oportunidade de conseguir manipular através dos seus instrumentos de ordenamento do território. Os valores dessa relação para cada município podem ser consultados no quadro seguinte:

Concelho	TOTAL	Sintra	Cascais	Oeiras
Área da bacia hidrográfica	100%	58.7%	16.4%	24.7%
Volume de cheia estimado	1 555 488 m ³	913 071.456 m ³	255 100.032 m ³	384 205.5 m ³

Quadro 4.III – Relação de área municipal com os volumes de cheia estimados.

Salvaguardo ainda que os volumes de água que passam por Cascais e Oeiras dependem fundamentalmente das medidas tomadas a montante, em Sintra, mais concretamente em Algueirão-Mem Martins. Por isso, se no futuro, o município de Sintra conseguir reduzir significativamente os seus valores de caudal, os volumes de cheia estimados serão conseqüentemente menores em Cascais e Oeiras, pelo que se conclui que, no tempo, será vantajoso adequar estratégias de mitigação do risco de cheia da ribeira da Laje de montante para jusante, e portanto Sintra tem uma responsabilidade acrescida na contribuição para a resolução do problema.

Capítulo V: Proposta

A definição do carácter de cada troço da ribeira da Laje, realizada na fase de síntese do trabalho, permitiu a elaboração das estratégias propostas, tendo em conta os problemas e oportunidades detetados. Assim, partindo dos objetivos holísticos traçados inicialmente para a ribeira, indicados no capítulo I (1.2), foi possível perceber qual os troços mais adequados à concretização das soluções. As propostas apresentadas visam não só a mitigação do risco de cheia, como a valorização paisagística e ambiental da ribeira, uma vez que considerei as duas vertentes indissociáveis. Deste modo, foi possível potenciar novos usos, preservar outros e promover a interação com a população local.

Cumprindo as duas grandes ambições do trabalho, nomeadamente a criação de um sistema fluvial equilibrado com capacidade de resposta às situações de precipitação intensa, e a adoção de sistemas de drenagem urbana mais eficazes e sustentáveis, considerei a oportunidade de promover a infiltração e a retenção do escoamento superficial nos troços 1, 2, 3 e 4. Nos troços 5, 6 e 7, as estratégias foram direcionadas para a proteção de pessoas, bens e património. As referidas pretensões foram executadas com a definição de medidas estruturais e não-estruturais.

5.1. Medidas estruturais

a) **Consolidação da galeria ripícola**

A promoção da conectividade da vegetação ao longo e entre as margens, cujas vantagens se encontram descritas no capítulo II (2.2.2), deve ser executada através da plantação de espécies autóctones ou alóctones bem adaptadas, nas quais não se verifica manifestação de comportamento invasivo na região.

A vegetação herbácea e elástica deve ser composta por exemplares de *Carex paniculata*, *Carex hispida*, tábua-larga (*Typha latifolia*), junco-solto (*Juncus*

effusus), bunho (*Scirpoides holoschoenus* e *Schoenoplectus lacustris*), lírio-amarelo (*Iris pseudacorus*), pervinca (*Vinca difformis*) e agrião (*Nasturtium officinale*).

A vegetação lenhosa deve ser plantada densamente, por estaca ou torrão, e de modo a integrar as árvores e arbustos que se encontram isolados. Devido à forte presença do freixo (*Fraxinus angustifolia*) na ribeira da Laje, no inventário de plantas a aplicar devem constar espécimes da mesma associação, como o salgueiro-cinzento (*Salix atrocinerea*), salgueiro-branco (*Salix alba*), choupo-branco (*Populus alba*), choupo-negro (*Populus nigra*) e pilriteiro (*Crataegus monogyna*). Para complementar a plantação, devem ainda ser utilizados amieiros (*Alnus glutinosa*), amieiros-negros (*Frangula alnus*), ulmeiros (*Ulmus carpiniifolia* e *Ulmus minor*), sabugueiros (*Sambucus nigra*), tamargueiras (*Tamarix africana*), lódãos (*Celtis australis*), castanheiros (*Castanea sativa*), loureiros (*Laurus nobilis*), folhados (*Viburnum tinus*), aveleiras (*Corylus avellana*) e murta (*Myrtus communis*).

Plantas como silvas (*Rubus ulmifolius*), canas e caniço (*Arundo donax*, e, *Phragmites australis*) devem ser removidas sempre que possível, e deverá ser feita uma monitorização frequente aos indivíduos existentes, a fim de verificar que o crescimento não impede o acesso às margens nem promove um estado de degradação da ribeira.

A seleção das espécies apresentada pretende promover a criação de uma galeria ripícola equilibrada. Assim, a flora foi vista como um meio para atingir os padrões de qualidade solicitados pelo PGRH Tejo.



Figura 5.1 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de consolidação da galeria ripícola no troço 3 (Laje).

b) Plantações no vale da ribeira

Devem ser privilegiados espécimes perenes que promovam um bom revestimento do solo. Assim, é possível combater mais eficazmente a erosão e facilitar o processo de infiltração de água nos solos no período do Inverno, como foi explicado em capítulo II (2.2.2). São exemplos de espécies bem adaptadas ao vale da bacia hidrográfica da ribeira da Laje: o carrasco (*Quercus coccifera*), aderno-bastardo (*Rhamnus alaternus*), aroeira (*Pistacia lentiscus*), zambujeiro (*Olea europaea sylvestris*), oliveira (*Olea europaea europaea*), pinheiro-manso (*Pinus pinea*), carvalho-cerquinho (*Quercus faginea*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), medronheiro (*Arbutus unedo*), lentisco-bastardo (*Phillyrea angustifolia*), acanto (*Acanthus mollis*) e o arbusto de folhagem caduca abrunheiro (*Prunus spinosa*).

c) Remoção de espécies vegetais invasoras

Deve ser executada sempre que se verifiquem espécies com comportamento invasor. Plantas como a cana (*Arundo donax*), a erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) e as silvas (*Rubus ulmifolius*) devem ser monitorizadas e removidas sempre que possível, através do controlo físico. No caso particular da cana, o processo de remoção é feito de montante para jusante. A aplicação de

métodos de controlo químico e biológico deve sempre ser muito bem ponderada em cada caso, pelo que, desaconselho a utilização destes métodos em locais demasiado próximos da ribeira.

d) Construção de muros de suporte vivos em margens fluviais

Técnica de EN utilizada para consolidação de margens verticais ou muito íngremes, bastante útil para aplicação em locais com pouca disponibilidade de espaço, como é o caso dos troços 3, 6 e 7 (fig. 5.4).



Figura 5.2 – Muro de suporte vivo construído numa margem fluvial. Fonte:

http://laresengenharia.com.br/site/wp-content/uploads/2012/06/IMG_0102_escala2000x13332-1024x682.jpg

Para a construção será necessária a utilização de pregos, pedras, terra vegetal, faxinas e troncos de madeira com 20-30cm de diâmetro e comprimento até 3m. O processo construtivo, cujo tempo estimado é de 120min./m², irá incluir a montagem da estrutura com troncos de madeira, e o enchimento da mesma com pedras, abaixo do nível da água, e solo e faxinas na parte a descoberto (fig. 5.3). O período do ano mais indicado para a elaboração desta proposta é, devido à utilização de material vivo, o período de repouso vegetativo.

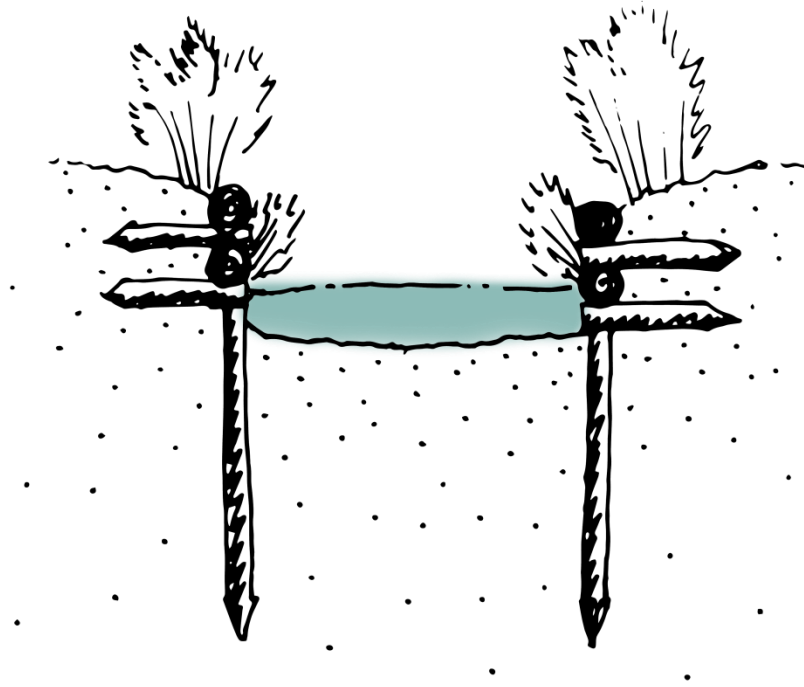


Figura 5.3 – Esquema de um muro de suporte vivo construído numa margem fluvial. Desenho adaptado de Zeh, H., 2007. Fonte: [20]



Figura 5.4 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de construção de muros de suporte vivos no troço 6 (parque municipal de Oeiras).

e) Construção de entrançados vivos

Os entrançados vivos permitem a estabilização das margens e a retenção da camada superficial do solo. O processo construtivo consiste em entrançar ramos vivos de salgueiro ou tamargueira, entre estacas, e posteriormente, é feito um enchimento com terra vegetal para que o material vivo não seque. A extremidade mais grossa dos ramos utilizados deve ser colocada no mínimo a 20 cm de profundidade no solo ou imersa em água. Os ramos devem ter um

comprimento entre 0.5 e 1m (fig. 5.5). A execução é feita no início do período de repouso vegetativo.

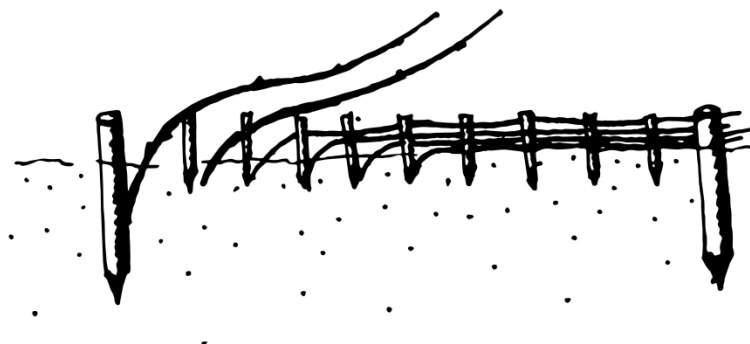


Figura 5.5 – Esquema de um entrançado vivo. Desenho adaptado de Zeh, H., 2007. Fonte: [20]

f) Colocação de rochas disseminadas no leito

Técnica utilizada para reduzir a velocidade da água em leitos com declives pouco acentuados. Consiste na colocação de blocos de pedra de peso variável no leito (0.5-2ton), próximos das margens, com o lado mais plano orientado para montante, de forma a evitar que o material lenhoso transportado pela ribeira fique retido. Também favorece o habitat dos peixes e permite a oxigenação da água. Esta solução pode ser executada em qualquer período do ano.

g) Colocação de soleiras em pedra no leito

Técnica que consiste na colocação de blocos de pedra no leito, de peso entre 0.5-2ton, e que tem por objetivo vencer os desníveis do leito. Assim, são criadas condições que permitem a movimentação da fauna, nomeadamente dos peixes. Por outro lado, o leito torna-se mais rugoso e a velocidade de corrente é diminuída, à semelhança do que acontece na técnica indicada na alínea f). Saliento que, os desníveis verificados na ribeira da Laje são sobretudo de origem artificial, e encontram-se nos troços em que existe canalização.

h) Alargamento da secção de escoamento

Consiste no alargamento do leito da ribeira, ou do canal, para uma medida especificamente determinada. Por exemplo, no caso do edifício inativo das Estradas de Portugal (troço 6) e do edifício da Sanest (troço 7) serem realocizados, a secção de escoamento deverá ser alargada de modo a

contribuir para um escoamento mais otimizado, de acordo com o desenho definido no estudo prévio, disponível para consulta no anexo 9.B (fig. 5.6).



Figura 5.6 – Desenho proposto no estudo prévio do troço 7.

i) Formação de uma área alagável (açudes galgáveis)

Medida de alargamento do leito da ribeira num determinado local, com secção de vazão controlada por um açude composto por blocos de pedra, aplicada no troço 2. A área alagável não possui geometria ou dimensionamento constante, uma vez que depende do caudal do curso de água e da morfologia do terreno existente.



Figura 5.7 – Visualização exemplificativa de aplicação da medida de formação de uma área alagável no troço 2 (quinta da Boiça).

j) Desassoreamento

Medida de remoção dos sedimentos acumulados no fundo da ribeira.

k) Limpeza de lixos

Medida de limpeza manual dos lixos, sem recurso a maquinaria pesada.

l) Construção de bacias de retenção

Através da modelação do terreno, é possível criar uma depressão com capacidade de armazenamento de água de escoamento superficial e controlo de fluxos de um curso de água. No troço 4 (EAN), foram propostas duas bacias de retenção de modo a preservar os caminhos e os alinhamentos de vegetação existentes (fig. 5.10), bem como o uso de solo dos dois talhões (pastagem). Em situações normais, as bacias não contêm água, no entanto, em episódios de precipitação intensa, as duas bacias têm capacidade para armazenar até 58 396.59 m³ de água (fig. 5.8 e 5.9, disponíveis no anexo 9.A).



Figura 5.8 – Cenário normal das bacias de retenção.



Figura 5.9 – Cenário das bacias de retenção em episódios de precipitação intensa (capacidade máxima).



Figura 5.10 – Visualização das medidas aplicadas no troço 4 (EAN).

m) Colocação de açudes

Os açudes a colocar na ribeira da Laje devem ser compostos por inertes (blocos de pedra) para garantir uma maior durabilidade e facilidade de manutenção.

n) Construção de valas

As valas são estruturas lineares concebidas para facilitar o armazenamento e transporte das águas provenientes do escoamento superficial (fig. 5.11). As suas funções podem ser equiparadas às das valetas cimentadas convencionais, no entanto, este SUDS promove ainda a infiltração e o tratamento da água transportada, devido ao revestimento vegetal que possui. A aplicação desta medida implica pouco investimento inicial e a sua manutenção não requer especificidades complexas. Assim, é considerada uma estratégia de fácil conservação e compreensão, quer por parte dos técnicos quer pela população em geral, e deve ser aplicada junto a pequenas áreas impermeáveis.



Figura 5.11 – Vala construída no separador entre o passeio e a estrada. Fonte: <http://www.susdrain.org/images/c.6 - swales and conveyance channels - swales.jpg>

o) Construção de valas drenantes

As valas drenantes visam o armazenamento e infiltração das águas de escorrência. Definem-se como uma estrutura escavada na superfície do solo, com 1 a 2 m de profundidade, preenchida por pedra ou borracha (fig. 5.12). É uma técnica que pode ser facilmente aplicada em meio urbano, com declives suaves, devido à pouca exigência de espaço. Por outro lado, a sua configuração linear permite uma fácil e eficaz conciliação com estruturas viárias e edifícios.



Figura 5.12 – Exemplo de vala drenante. Fonte: <http://www.sudswales.com/wp-content/uploads/2011/06/infiltration-trench.jpg>

p) Construção de poços de infiltração

Os poços de infiltração são estruturas cilíndricas perfuradas, com o topo colocado ao nível da superfície do solo, com o objetivo de promover o armazenamento e infiltração das águas de escorrência. A aplicação desta estratégia, de construção acessível, é pouco exigente em termos de espaço e, geralmente, é uma solução bem aceite pelos utilizadores do mesmo.

q) Depósitos subterrâneos de armazenamento

A construção de depósitos subterrâneos permite o armazenamento de água proveniente dos telhados e de outras superfícies impermeáveis para utilização posterior, nomeadamente em rega e limpezas.

r) Depósitos de água tipo barril

Os objetivos da utilização dos barris, colocados sobre o solo, são bastante similares aos dos depósitos subterrâneos (fig. 5.13), contudo, a quantidade de água armazenada é bastante inferior à medida apresentada na alínea q). Por outro lado, não implica a execução de obras pesadas, e por isso é uma boa

solução para recolha das águas dos telhados de edificado tipo moradias unifamiliares.



Figura 5.13 – Exemplo de depósito de água tipo barril. Fonte: <http://50green.com/blog/?p=244>

s) Instalação de coberturas ajardinadas extensivas

Estratégia de ajardinamento proposta em alternativa aos telhados convencionais, que permite o tratamento e armazenamento da água da chuva, ainda que limitado e temporário. Parte da água é absorvida pelo substrato e é devolvida à atmosfera por evapotranspiração, no entanto, a água em excesso pode ser encaminhada para outras estruturas combinadas como poços de infiltração e depósitos superficiais ou subterrâneos. As coberturas ajardinadas são um tipo de solução compatível com zonas densamente edificadas, pelo que garantem, aos meios urbanos, muitos benefícios relacionados com o ponto de vista estético, ecológico e ambiental. O tipo extensivo, caracterizado pela menor disponibilidade de substrato, garante uma menor necessidade de manutenção e custos de instalação mais reduzidos, comparativamente ao tipo intensivo.

As coberturas ajardinadas propostas devem ser complementadas, sempre que possível, com depósitos subterrâneos de armazenamento ou depósitos de água tipo barril, de modo a que seja feita retenção das águas pluviais a partir do momento em que as coberturas atingem o limite máximo de capacidade de armazenamento.

t) Construção de pavimentos permeáveis/ substituição de materiais

Pavimentos permeáveis podem ser compostos por matérias porosas ou com juntas que favoreçam a drenagem das águas. A seleção do tipo de pavimento deve ter em conta o uso e a função pretendida. A adoção de pavimentos permeáveis em alternativa aos que pouco ou nada favorecem a infiltração das águas superficiais é sempre recomendada, bem como, a substituição dos

materiais dos pavimentos existentes. Assim, esta é uma medida com grande potencial para redução do volume das águas de escoamento superficial em meio urbano, uma vez que pode ser aplicada a uma escala significativa e proporcional à área impermeabilizada.

u) Relocalização de edificado

O edificado que se encontre dentro dos limites do Domínio Público Hídrico (DPH), das zonas adjacentes, sobre as margens ou sobre o leito da ribeira da Laje e seus afluentes, deve ser alvo de reflexão. Mediante as características e grau de ameaça que representa, este edificado deve ser alvo de proposta de relocalização. Nomeadamente o edifício da Sanest (troço 7), o das Estradas de Portugal (troço 6) e as habitações na população da Laje (troço 3) que se encontram sobre a ribeira da Freiria e nas margens da ribeira da Laje. A relocalização de parques de estacionamento, nomeadamente o parque existente no troço 5 (Palácio dos Marqueses de Pombal), insere-se nesta medida.

v) Construção de motas

Construção de uma faixa de aterro, em cada margem, ao longo da linha de água, que visa a diminuição da ocorrência de cheias nos terrenos adjacentes.

w) Conetividade das estruturas do PEA aos SUDS

No sentido de dinamizar os fluxos e quantidades de água armazenadas nos elementos englobados no Plano Estratégico da Água (PEA), deverão ser realizadas ligações às valas, valas drenantes, e poços de infiltração, nos troços 4 a 7, de modo a garantir o escoamento das águas, nas situações em que a capacidade máxima de retenção das estruturas do PEA seja atingida.

5.2. Medidas não-estruturais

x) Criação de sistema de alerta Maré-Precipitação

O sistema proposto deve relacionar, de modo informático, em tempo real, os valores de precipitação com as marés do rio Tejo. Assim, sempre que se verifique um valor de precipitação elevado (igual ou superior aos valores que desencadearam as últimas cheias de 2012), combinado com o período de preia-mar, seja emitido um alerta aos meios de Proteção Civil.

y) Aproximação dos sistemas de alerta à população

O sistema proposto tem em conta a emissão de alertas e comunicados à população através dos dispositivos de comunicação móvel. Assim, deve ser disponibilizada, de forma gratuita, uma aplicação para os sistemas *iPhone* e *Android*, que emita alertas e comunicados, em tempo real, a todos os utilizadores da mesma.

z) Domínio Público Hídrico

Levantamento de todo o edificado localizado no zonamento do DPH, bem como dos respetivos proprietários.

aa) Seguros de cheia

Estratégia que determina a obrigatoriedade de realização de seguros de cheia, por parte de todos os proprietários que possuam bens dentro das áreas delimitadas como zonas adjacentes à ribeira da Laje e DPH.

bb) Permuta de terrenos

A permuta de terrenos entre o município e os seus proprietários (entidades públicas ou particulares), deve ser realizada e promovida, sempre que necessário, em prol dos objetivos da mitigação de cheias.

cc) Alteração profunda da ocupação do solo nas AUGI

A alteração profunda da ocupação do solo nas AUGI, por exemplo no lugar da Laje, é uma medida de difícil concretização. No entanto, antevê-se que, a longo prazo, é uma decisão que inevitavelmente acabará por ser tomada, uma vez que dificilmente todos os problemas locais conseguirão ser resolvidos através das propostas deste trabalho.

dd) Revisão do PDM

Nas zonas do PDM delimitadas como «áreas urbanizáveis» (identificadas na carta de ordenamento com o grafismo riscado a amarelo e branco) devem ser impostas normas rígidas à construção de edificado, em prol da salvaguarda da área permeável e da vegetação. Nas encostas da ribeira da Laje, a construção deverá ser de baixa densidade e da tipologia de moradia unifamiliar, pelo que se recomenda a elaboração de planos de pormenor.

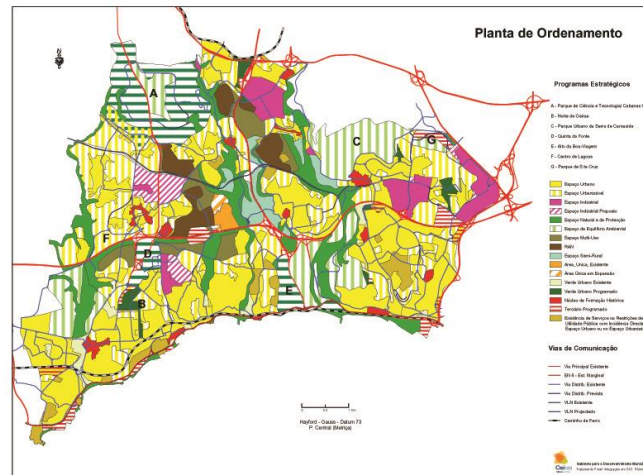


Figura 5.14 – Carta de Ordenamento de Oeiras. Fonte: Plano Diretor Municipal

ee) Monitorização regular dos elementos patrimoniais e sítios

Os elementos patrimoniais e sítios arqueológicos devem ser alvos de monitorização regular, e avaliação específica após trabalhos ou episódios de cheia, a fim de estabelecer uma proposta para os elementos afetados sempre que se justifique.

ff) Aplicação do princípio das bacias hidrográficas partilhadas

Devem ser estabelecidos acordos entre os municípios de Oeiras, Sintra e Cascais, promovidos por uma unidade de gestão da bacia hidrográfica da ribeira da Laje, em conformidade com o princípio do uso razoável e equitativo das bacias hidrográficas partilhadas da Lei n.º 54/2005 de 15 de Novembro, que estabelece a titularidade dos recursos hídricos. Os acordos devem incluir o compromisso mútuo de adoção de estratégias de mitigação do risco de cheia.

gg) Distribuição e instalação gratuita de sistemas simples de armazenamento de água à população

No sentido de incentivar, divulgar e promover a adoção de SUDS, devem ser instalados sistemas de armazenamento de águas dos telhados tipo barril, descrito na alínea r), no edificado de tipologia habitacional.

hh) Atribuição de incentivos a proprietários que adotem a utilização de SUDS

Aos proprietários e entidades que adotem SUDS, façam uma correta utilização, e adequada manutenção dos mesmos, devem ser atribuídos incentivos ou benefícios fiscais por parte do município.

ii) Levantamento e monitorização das descargas ilegais

Deve ser feita uma monitorização regular à ribeira da Laje, para realizar o levantamento das ocorrências de descargas ilegais realizadas para o leito, bem como a deposição de lixo e entulho nas margens, com a finalidade de identificar autores e aplicar sanções, nomeadamente coimas.

jj) Educação ambiental

Para que a aplicação das medidas supramencionadas se revele bem-sucedida, devem ser feitas apostas em atividades de educação ambiental e estabelecidas parcerias com serviços e entidades que promovam a defesa dos rios. Concretamente, devem-se realizar ações de limpeza de lixo na ribeira da Laje e respetivas margens, bem como nos SUDS, ações de recolha de material vegetal e construção das técnicas de engenharia natural, ações de plantação, e atividades de monitorização e manutenção das estruturas (SUDS e técnicas de EN).

Deve ainda ser instalada sinalética nas estruturas construídas, com informação acessível, inclusivamente, através da utilização de *QR Codes*. Esta estratégia visa a compreensão das medidas estruturais, de modo a favorecer a aceitação por parte da comunidade e assim evitar atos de vandalismo.

Devem ser instaladas «caches» junto à ribeira da Laje, e respetivas propostas definidas neste trabalho, para a prática de *Geocaching*. Esta medida promove a realização de atividades de recreio

A realização de muitas das atividades supracitadas pode ser feita através da divulgação e implementação do Projeto Rios. Seguindo o exemplo da escola EB23/S Aquilino Ribeiro, que já adotou um troço da ribeira da Laje e um troço

da ribeira de Leião para monitorizar, seria de extremo interesse divulgar a iniciativa a outros estabelecimentos de ensino locais, empresas e população em geral.

5.3. Estratégias por troço

As medidas de carácter estrutural apresentadas foram definidas para os troços segundo a correspondência sintetizada no quadro 5.I. A calendarização de execução das mesmas pode ser consultada no anexo 8.

		MEDIDAS ESTRUTURAIS		
		LEITO	MARGENS	VALE
TROÇO	1 bairro Navegadores	g), k), l) ¹³	a), c), e)	b), c), p)
	2 Quinta da Boiça	f), i), m)	a), e)	-
	3 Laje	d), f), m)	a), e), k)	p), r), u)
	4 EAN	f), g), j), 2xl), 2xl) ¹⁴ , m)	a), n)	n), w)
	5 Palácio M. Pombal	g), j), k),	-	q), r), s), t), u), w)
	6 parque municipal	d), j), m)	a), v)	n), p), r), s), t), u), w)
	7 foz	d), h) ¹⁵	a), v)	o), r), s), t), u), w)

Quadro 5.I – Quadro das medidas estruturais adotadas em cada troço.

A apresentação e a nota justificativa das propostas para cada troço, encontra-se descrita, e graficamente representada, nas fichas de proposta existentes no anexo 9.

As medidas não-estruturais devem ser aplicadas nas áreas estabelecidas, indicadas anteriormente em cada uma das medidas, ou na totalidade da bacia hidrográfica contida nos limites administrativos do concelho de Oeiras.

Os troços da EAN e da foz da ribeira da Laje foram alvo de uma proposta mais detalhada que a dos restantes, devido à ordem de trabalhos estabelecida por fases, à

¹³ Estratégia da fase 3

¹⁴ Estratégias da fase 3

¹⁵ Possível apenas quando o edifício da Sanest for realocado, porém, não se prevê que seja uma medida possível de executar a pequeno/médio prazo

disponibilidade de espaço existente para intervenção, ao carácter crítico, e à entidade responsável pela gestão do espaço (anexo 9A e 9B). Realço que, a EAN é uma propriedade estatal, e portanto a execução da proposta dispensa a aquisição de terrenos a particulares, o que se revela bastante vantajoso na fase inicial do projeto, uma vez que não implica a concretização de processos de expropriação de terrenos. Os terrenos destinados à construção das bacias de retenção encontram-se englobados pela REN, e, consequentemente, a aplicação da medida responde aos objetivos deste instrumento de ordenamento do território, no que respeita à prevenção dos riscos naturais. Segundo o raciocínio de cálculo realizado no capítulo IV, que relacionou as responsabilidades dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica da ribeira da Laje com os volumes de cheia, Oeiras deve, neste momento, perspetivar estratégias tendo em conta o valor de volume de $384\,205.5\text{m}^3$ de água torrencial. No entanto, esse é um valor bastante elevado tendo em conta a disponibilidade de terreno, passível de ser utilizado, para resolução da problemática. Por outro lado, caso a estratégia referente à realização de acordos entre os municípios de Sintra, Cascais e Oeiras (alínea ff)) se concretize, o valor do volume calculado tende a diminuir proporcional e significativamente. Por esse motivo recomendo a concretização das estratégias de forma faseada. Assim, à medida que se for observando uma resposta positiva da ribeira da Laje às estratégias de mitigação dos riscos de cheia aplicadas a montante, as medidas a jusante tendem a ser desnecessárias, de acordo com a seguinte ordem:

+ necessário
- necessário

1. FASE 1
 - 1.1. Implementação das medidas não-estruturais, em particular da indicada na alínea ff),
 - 1.2. Início dos trabalhos em Sintra (deve ser realizada uma proposta com os mesmos objetivos dos apresentados neste relatório),
 - 1.3. Realização de todas as estratégias definidas para o troço 4 e 7, EAN¹⁶ e foz respetivamente;
2. FASE 2 – aplicação, em Oeiras, das restantes estratégias de carácter estrutural, de montante para jusante;
3. FASE 3 (caso necessário) – aplicação da estratégia definida na alínea I), relativa à construção de bacias de retenção, nos troços 1 e 4, bairro dos Navegadores e EAN¹⁷, respetivamente.

¹⁶ Nos dois talhões adjacentes ao canal da ribeira da Laje, a sul do terreno da vinha.

¹⁷ Terrenos adjacentes à Avenida dos Loureiros.

Capítulo VI: Conclusões e Recomendações

A percentagem de área urbanizada existente na bacia hidrográfica da ribeira da Laje, e consequente impermeabilização dos solos, reflete valores de infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial na ordem dos 35%, 35% e 30%, respetivamente (fig. 6.1). A definição das estratégias deste trabalho pretenderam assim reduzir o escoamento superficial e aumentar os valores de infiltração e evapotranspiração, aproximando a área de estudo ao padrão naturalizado, o mais possível.

EFFECTS OF IMPERVIOUSNESS ON RUNOFF AND INFILTRATION

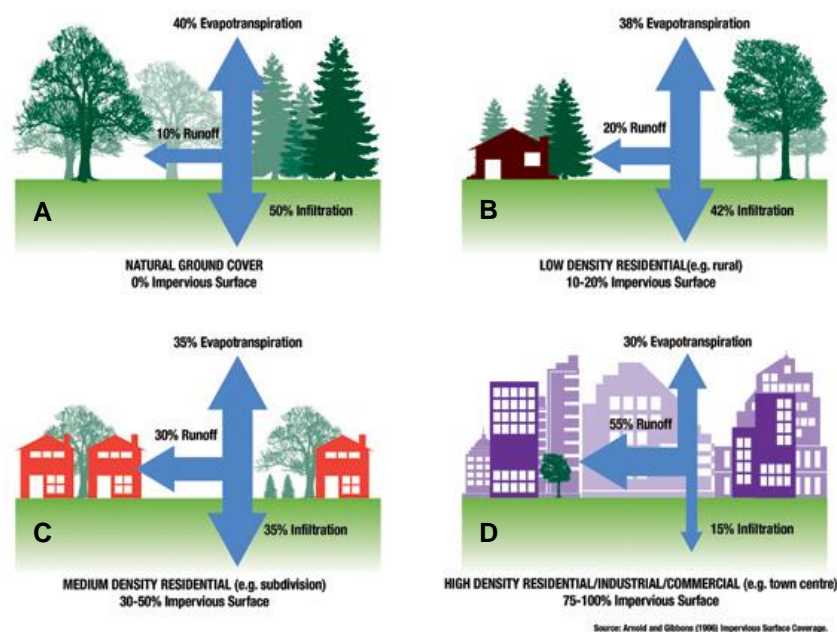


Figura. 6.1 – Efeitos da impermeabilização sobre a infiltração, o escoamento e a evapotranspiração. Fonte: http://richmondhill.ca/subpage.asp?pageid=epw_stormwater_management

As duas bacias de retenção propostas na Estação Agronómica Nacional irão permitir, ao município de Oeiras, armazenar cerca de 1/5 do volume de cheia da ribeira da Laje associado ao concelho. Prevê-se que os restantes volumes sejam

dissipados através da aplicação das restantes medidas estruturais e não-estruturais, e ainda, da capacidade do município de Sintra controlar os caudais de ponta de cheia em Algueirão-Mem Martins, antes dos avanços das obras em Oeiras. O sucesso da proposta deste trabalho é, assumidamente, indissociável dos comportamentos adotados a montante.

A existência de edificado demasiado próximo da ribeira, como é o caso do edifício da Sanest localizado na foz, do edifício das Estradas de Portugal no Jardim Almirante Gago Coutinho, e habitações da população da Laje, é um fator limitante que deverá ser progressivamente discutido, com o objetivo de estabelecer permutas ou acordos que facilitem o desalojamento e demolição dos edifícios. Realço ainda a necessidade de realização de análises químicas periódicas à ribeira da Laje, a fim de detetar problemas e averiguar o progresso do estado ecológico da mesma.

A execução e, posterior, gestão das medidas propostas, devem ser da competência de uma equipa multidisciplinar que reúna conhecimentos e aptidões nas áreas da hidrologia, hidráulica, geologia, botânica, ecologia, engenharia civil e arquitetura paisagista, para que seja feita uma abordagem holística, e assim, os objetivos propostos sejam devidamente cumpridos.

O resultado deste trabalho pretende ser uma motivação para a mudança de paradigmas na gestão do risco, tendo como premissa o investimento na mitigação e na valorização do sistema fluvial, ao invés da cobertura dos prejuízos pós-cheias.

Referências Bibliográficas

1. Zêzere, J.L., A. Pereira, and P. Morgado, *Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental*. Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, 2006.
2. Saraiva, M.G., *Riscos de Inundação e Ordenamento no Espaço Urbano*, in *Conferência Internacional: Cidades e Alterações Climáticas. Que Futuro?* 2008: CEG, Universidade de Lisboa.
3. Zêzere, J.L. *Riscos, vulnerabilidades e hipóteses de adaptação: o caso da região de Lisboa e Vale do Tejo*. in *Workshop «A adaptação aos riscos associados às alterações climáticas em regiões densamente povoadas do litoral - que estratégias?»*. 2010. Culturgest.
4. Biodesign, et al., *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo*, 2012. p. mapas 34, 68, 72 e 81.
5. ADISA, RIO PLANO, SANEST, *Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das Ribeiras da Costa do Estoril - Relatório Geral*, 2001.
6. Costa, P.C., *As cheias rápidas de 1967 e 1983 na região de Lisboa*, in *Estudos em Homenagem a Mariano Feio*, R.S. Brito, Editor 1986: Lisboa. p. 601-616.
7. Arellano, A.L.V., Colombo, A.G., Hervás, J., *Nedies Project - Guidelines on Flash Flood Prevention and Mitigation*. EUR 20386 EN, 2002, European Commission: Institute for the Protection and Security of the Citizen. Technological and Economic Risk Management.
8. *Lei n.º 58/2007, de 4 de Setembro, Aprova o PNPOT*, Diário da República. p. 6126-6127.
9. *Decreto-lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro, Aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações*, Diário da República. p. 4757-4764.
10. *Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, Lei da Água*, Diário da República. p. 7280-7310.
11. Saraiva, M.G., *Defesa contra cheias - aspectos institucionais e medidas não-estruturais*, 1987, Direcção-Geral dos Recursos Naturais.
12. Saraiva, M.G., *O rio como paisagem - gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território*. Textos Universitários de Ciências Sociais e Humanas. 1999, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Fundação para a Ciência e Tecnologia.
13. *634 contos da Cruz Vermelha Portuguesa*, in *Diário de Notícias* 24 de Abril de 1968.
14. Teiga, P., *Avaliação e Mitigação de Impactes em Reabilitação de Rios e Ribeiras em Zonas Edificadas - Uma abordagem participativa. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia do Ambiente*, 2011, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
15. Cruz, C.S., Fernandes, J.P., *Limpeza e Gestão de Linhas de Água - pequeno guia prático*. Vol. Volume 3. 2011: Empresa Portuguesa das Águas Livres, S. A.

16. Instituto da Água, I.P., *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, 1ª Fase, Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Volume III - análise, parte A: sub-sistema hidrológico*, Ministério do Ambiente, Editor 1999.
17. Deusdado, A.S., *Rio natural vs. rio entubado*, in *Biosfera* 05-11-2010.
18. Teiga, P., *Reabilitação de ribeiras em zonas edificadas. Dissertação para obtenção do grau mestre em Engenharia do Ambiente (Hidráulica e Recursos Hídricos)*, 2003, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
19. Lencastre, A., Franco, F.M., *Lições de Hidrologia*. 3ª edição revista 2003, Caparica: Fundação Armando Lencastre.
20. Zeh, H., *Engenharia Natural - Manual Técnico*. 2007: Federação Europeia de Engenharia Natural.
21. Bifulco, C. *Introdução histórica, definição e conceitos em Engenharia Natural*. in *Restauro de cursos de linhas de água, recorrendo à engenharia natural*. 2011. Oeiras: APENA.
22. Freitas, A. *Materiais e técnicas em engenharia natural*. in *Restauro de cursos de linhas de água, recorrendo à engenharia natural*. 2011. Oeiras: APENA.
23. Bray, R., et al., *The SUDS Manual*. 2007: CIRIA.
24. Oliveira, P.E., Ramos, C., *Inundações na cidade de Lisboa durante o século XX e seus factores agravantes*, in *Finisterra* 2002. p. 33-54.
25. Barão, V., *Relatório do Temporal do dia 06 de Dezembro de 2012 - Inundações no Parque Municipal de Oeiras*, 2012, Câmara Municipal de Oeiras.
26. Município, E.M., S.A., *Relatório para o Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil - Secção II (pontos 5, 6 e 7)*, 2012, Câmara Municipal de Oeiras.
27. *Águas da chuva arrastam duas mães para a morte*, in *24 Horas* 19 de Fevereiro de 2008. p. 4.
28. Centro Estudos de Arquitectura Paisagista - Prof. Caldeira Cabral and Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, *Plano Verde do Concelho de Sintra - 1ª fase*, 2005.
29. ADISA, RIO PLANO, SANEST, *Estudo de Requalificação Paisagística e Ambiental das Ribeiras da Costa do Estoril - Relatório Individual Ribeira da Laje*, 2001.
30. Instituto da Água, I.P., *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo, 1ª Fase, Análise e diagnóstico da Situação de Referência. Anexo Temático 11 - Situações Hidrológicas Extremas*, Ministério do Ambiente, Editor 2000.
31. *Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro, Estabelece a titularidade dos recursos hídricos*, Diário da República. p. 6520-6525.
32. *Decreto-lei n.º 89/87, de 26 de Fevereiro, Revisão do Decreto-lei n.º 468/71, de 5 de Novembro*, Diário da República. p. 858-860.
33. Reis, V., *Lage Cheias 2011*, 2011: Youtube.
34. *Decreto-lei n.º 73/2009, de 31 de Março, Estabelece o regime jurídico da RAN*, Diário da República. p. 1988-2000.
35. *Decreto-lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, Estabelece o regime jurídico da REN*, Diário da República. p. 5865-5884.
36. Caetano, M., et al., *Accuracy assessment of the CORINE Land Cover 2006 map of Continental Portugal, Relatório Técnico*, 2006, Instituto Geográfico Português.
37. Carmo, V., Correia, F. Nunes, Saraiva, M. G., *Avaliação ex-post de medidas não-estruturais de defesa contra cheias na bacia hidrográfica da ribeira da Laje*.
38. DGPC. *Portal do Arqueólogo - Ponte da Laje*. [cited 2013 27/03]; Available from: <http://arqueologia.igespar.pt/?sid=sitios.resultados&subsid=48324&vt=123609>.
39. Câmara Municipal de Oeiras, *Plano Estratégico da Água*, 2008.

40. Reis, V., *Laje já era conhecida em 1759*, in *A Voz de Tercena* 10 de Outubro de 1997: Tercena. p. 8.
41. Câmara Municipal de Oeiras, *Memorial histórico ou colecção de memórias sobre Oeiras desde seu princípio como Lugar e Cabeça de Julgado, e depois Vila com o título de Condado e Cabeça de Concelho* 1982, Oeiras.
42. Barros, F., et al., *1755: A Terra Tremeu, O Mar Transbordou*, ed. Artinventos Estudos e Projectos Lda 2005: Câmara Municipal de Oeiras.
43. Dias, R. A., *A Quinta de Recreio dos Marqueses de Pombal Oeiras - contributo para o estudo da arte paisagista no século XVIII* 1987, Oeiras: Câmara Municipal de Oeiras.
44. Union Postale Universelle, Santo Amaro de Oeiras: Vista Panorâmica, Editor. p. cartão, preto e branco.
45. Passaporte, A., *Santo Amaro de Oeiras: Jardim junto à praia*, 1940.
46. Tánago, M.G., Jalón D.G., *Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones*, in *Limnetica* 2011, Asociación Ibérica de Limnología: Madrid.
47. Hydrologic Engineering Center, *HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual*, 1998.

INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Município de Oeiras: limites administrativos, 2001 – Homologada pela Câmara Municipal de Oeiras.

Município de Oeiras: áreas urbanas de génese ilegal, 2010 – Homologada Município de Oeiras

Município de Oeiras: relevo sombreado, 2010 – Homologada Município de Oeiras.

Município de Oeiras: declives, 2010 – Homologada Município de Oeiras.

Município de Oeiras: hipsometria, 2010 – Homologada Município de Oeiras.

Município de Oeiras: zonas adjacentes, 1986 – Homologada pelo INAG, I. P.

Município de Oeiras: edificado, 2011 – Homologada pela Município, E.M., S.A.

Município de Oeiras: espaços verdes, 2010 – Homologada pela Câmara Municipal de Oeiras.

Município de Oeiras: cadastro arbóreo, 2005, 2006, 2009 – Homologada pelo Município de Oeiras.

Município de Oeiras: unidades geológicas, 2005 – Homologada pelo LNEG.

Município de Oeiras: sítios arqueológicos, 2010 – Homologada pela Câmara Municipal de Oeiras.

Município de Oeiras: Plano Diretor Municipal Oeiras, 1994.

Município de Oeiras: Plano Estratégico da Água, 2011 – Homologada pela Câmara Municipal de Oeiras.

Município de Oeiras: Plano Diretor de Drenagem de Águas Pluviais das Bacias do Concelho de Oeiras, 2006 – Homologado pelos SMAS.

Município de Oeiras: Plano de Salvaguarda do Património Construído e Ambiental do Concelho de Oeiras, 2011 – Homologada pela Câmara Municipal de Oeiras.

Instituto Geográfico Português: COS' 2007, nível 2, 2010 – Homologada pelo Instituto Geográfico Português.

Instituto Geográfico Português: CLC, nível 1 – Homologada pelo Instituto Geográfico Português.

Anexos